

4^o
Phyt.
116
n

4^o

40 Thgt.
116ⁿ

Goldsmith

Beiträge
zur
Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen
im Stengel und in der Hauptwurzel
der
Dicotyledonen.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde
vorgelegt
der hohen philosophischen Fakultät der Universität Zürich
von
Sophie Goldsmith.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

Zürich, Caesar Schmidt,
1876.

Beiträge
zur
Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen
im Stengel und in der Hauptwurzel
der
Dicotyledonen.

Beiträge

zur

Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen

im Stengel und in der Hauptwurzel

der

Dicotyledonen.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt

der hohen philosophischen Fakultät der Universität Zürich

von

Sophie Goldsmith.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

Zürich, Caesar Schmidt,
1876.



Herrn Dr. Arnold Dodel-Port

als Zeichen

ihrer Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet von der

Verfasserin.

Einleitung.

Die Verdienste Nägeli's um die Kenntniss der Entwicklungsgeschichte von Stengel und Wurzel der Gefässpflanzen, wie er sie durch eine Reihe classischer Arbeiten inaugurierte, sind zu bekannt, als dass wir länger bei der Aufzählung und Beschreibung seiner bahnbrechenden Forschungen verweilen müssten. Nägeli und seine Schule haben wohl die Hauptlinien im Bilde der Entwicklungsgeschichte der Fibrovasal-massen höherer Pflanzenklassen endgültig entworfen. Allerdings bleiben noch manche Partien des grossen Planes unausgeführt und manche Lücke blieb in dem complicirten Netze bis in die neueste Zeit bestehen.

Dahin gehört unter Anderem die Erforschung der anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse zwischen Stengel und Hauptwurzel der Dicotyledonen.

Ein Schüler Nägeli's stellte sich zum ersten Male zur Aufgabe, die Frage zu beantworten: „Wie verhalten sich die Elemente des Stengels und der Wurzel beim Uebergang vom erstern in die letztere?“¹⁾

Dodel's Arbeit, aus dem Jahr 1869 datirend, beschränkt sich aber allein auf die *Phaseolus*-Arten. Es sollte seine Untersuchung den Anfang bilden zu „einer grösseren Arbeit, welche lediglich den Zweck verfolgt, die Erscheinungen in den Haupttypen klar zu machen, welche sich beim Uebergang vom Stengel in die Pfahlwurzel der Dicotyledonen überhaupt darbieten“. Dodel hat leider nur noch einige wenige Notizen über weitere Untersuchungen in dieser Richtung publizirt, und zwar so zu sagen nur als Manuscript einigen wenigen Forschern vorgelegt in seiner Habilitations-Arbeit.²⁾

¹⁾ Dodel. Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahlwurzel. Jahrbuch f. w. Bot. Band VIII. pag. 150.

²⁾ Dodel. Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahlwurzel. II. Theil. 1870.

Seither ist Niemand mit derselben speziellen Aufgabe in die Lücke getreten, obschon eine ziemlich grosse Anzahl von Arbeiten über Wurzelstudien und dergleichen von verschiedenen Forschern erschienen sind. Unter letztern berührte J o h a n n e s R e i n k e die gleiche Aufgabe ¹⁾ wie D o d e l in seiner Inaugural-Dissertation.

R e i n k e's Arbeit datirt vom Sommer 1869 und erschien unmittelbar nach der Publikation des ersten D o d e l'schen Aufsatzes, natürlich auch ohne Berücksichtigung des letztern. Er behandelt in verschiedenen Abschnitten ähnliche Fragen, wie D o d e l, namentlich bemüht er sich auch darum, die Grenze zwischen Pfahlwurzel und hypocotylem Glied (Abschnitt 2, pag. 7—12) festzusetzen. Allein auf die anatomischen Verhältnisse beim Uebergang des Stengels in die Pfahlwurzel tritt Reinke nicht tiefer ein. „Die Modalität des Anschlusses des gesammten Fasergefäss-Skelets des Stengels an den centralen eigenen Holzkörper der Wurzel, gerade im obersten Theil der letzteren, bei verschiedenen Pflanzen bleibt hierauf speziell eingehenden Forschungen überlassen.“ ²⁾

Dagegen erschien ein Jahr später, 1872, eine umfangreiche Arbeit von S t r a s b u r g e r, ³⁾ wo die von D o d e l aufgestellte Frage von Neuem behandelt wird. Strasburger beantwortete dieselbe auch, zwar nicht für andere als die von D o d e l untersuchten Dicotyledonen, wohl aber für die mit letzteren verwandten Gymnospermen. ⁴⁾ Strasburger constatirt für mehrere Coniferen verwandte Verhältnisse zu denjenigen bei *Phaseolus*.

Eine zweite Arbeit von J. R e i n k e ⁵⁾ enthält Beiträge zur Kenntniss der Gymnospermen-Wurzel und Untersuchungen über die Morphologie der Vegetationsorgane von *Gunnera*, die für die Kenntnisse bei den übrigen Dicotyledonen von untergeordneter Bedeutung sind. Andere Arbeiten von deutschen Forschern verbreiten sich hauptsächlich in er-

¹⁾ Johannes Reinke. Untersuchungen über die Wachsthumsgeschichte und die Morphologie der Phanerogamen-Wurzel. Bot. Abhandlungen, herausgegeben von J. Hanstein, 3. Heft. 1871.

²⁾ Reinke l. c. pag. 12.

³⁾ Strasburger. Die Coniferen und Gnetaceen.

⁴⁾ Strasburger l. c. pag. 360—373.

⁵⁾ Reinke. Morphologische Abhandlungen. Leipzig. 1873.

III

freulicher Weise über die Wachstumsrichtung und über die Differenzierung der verschiedenen Wurzelgewebe aus dem Zellcomplexe des Vegetationpunktes, welche Themata abseits von unserer gestellten speziellen Aufgabe liegen. Wir erachten es desshalb als inopportun, diese Arbeiten hier aufzuzählen, oder gar in den Hauptzügen zu besprechen.

Dies gilt auch von der Arbeit von Treub.¹⁾

Eine umfassende vielversprechende Aufgabe stellte sich Ph. van Tieghem in seiner Arbeit²⁾ über die Structur-Symmetrie der Gefäßpflanzen. Van Tieghem gibt in seinem Opus eine sehr anerkennenswerthe Menge von Details über die anatomischen und morphologischen Verhältnisse der Wurzeln sämtlicher Classen von Gefäßpflanzen, und zwar sowohl von den Haupt- als auch von den Nebenwurzeln (Radicelles) und von Adventivenwurzeln. Er berührt auch gelegentlich die von Dodel zuerst behandelte Frage des Uebergangs von dem Dicotyledonenstengel in die Hauptwurzel. Allein, da wo dies geschieht, schlichen sich so viele Irrthümer ein, dass an eine weitere Ausführung und vielseitigere Behandlung dieses Thema's schon aus dem einfachsten Grunde mit allem Ernst gedacht werden muss, weil nach van Tieghem's Mittheilungen zu schliessen in den anatomisch-morphologischen Verhältnissen beim Uebergang des Dicotyledonenstengels in die Pfahlwurzel sich eine unfassbare Variation, so zu sagen eine Gesetzlosigkeit geltend macht, die nach Dodel's citirten Arbeiten und auch nach Strasburger's für die Gymnospermen erforschten Verhältnissen zu schliessen, in Wirklichkeit nicht existirt. Zur Begründung hiefür führen wir nur eine Angabe aus van Tieghem's Werk an: Es soll die Anzahl der primordialen Vasalstränge in den Hauptwurzeln von einigen *Amentaceen* variiren und zwar unter Berufung auf M. Clos „bei der Eiche von 4—8, beim Kastanienbaum von 6—12.“ Nun ist aber ganz evident die Anzahl der primordialen Vasalstränge bei ein und derselben Pflanzenspecies in der Hauptwurzel eine ganz constante und findet beim Uebergang der Hauptwurzel in den hypocotylen Stengel bei allen von uns untersuchten

¹⁾ Treub. Le meristème primitif de la racine dans les Monocotylédones. Leide. 1876.

²⁾ Ph. van Tieghem. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. Premier fascicule. Introduction. La racine. Paris, Victor Masson et fils. 1871.

IV

und auch bei den von Dodel besprochenen Keimpflanzen, worunter sich auch die von van Tieghem angeführten befinden, eine Spaltung je eines Wurzelstranges in zwei Primordialstränge des hypocotylen Stengels statt. Ja, es ist mehr als wahrscheinlich, dass sich nach der Erforschung der diesbezüglichen Verhältnisse in der ganzen hypocotylen Axe bei den verschiedensten Pflanzenfamilien, trotz der verschiedenen Anzahl von Primordialsträngen, *ein einheitliches Gesetz* wird aufstellen lassen.

Daraus erklärt sich die irrthümliche Angabe von van Tieghem, dass die Anzahl der primordialen Vasalstränge in der Keimaxe von Eichen und Kastanien von 4 bis 8, respective von 6 bis 12 variiren können.

Weder van Tieghem noch Clos scheinen Ahnung davon gehabt zu haben, dass beim Uebergang von der Hauptwurzel in den hypocotylen Stengel die primordialen Vasalstränge der Wurzel sich in zwei Stränge des Stengels spalten. Was van Tieghem über den Vasalverlauf aus der Hauptwurzel in die Cotyledonen bei *Fagus sylvatica* (l. c. pag. 248) sagt, ist zum grössten Theil Irrthum, wie wir dies am Schluss unserer Arbeit noch darzulegen hoffen.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen zu schliessen, ist daher die zuerst von Dodel in Angriff genommene Arbeit nothwendig weiter zu führen. Es ergänzt sich die Aufgabe dahin, bei den verschiedenen Dicotyledonenfamilien die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse zwischen Stengel und Wurzel nach den verschiedenen Typen allseitig zu untersuchen.

Es gibt nämlich Dicotyledonen, die in der unterirdischen directen Verlängerung des Stengels, als welche sich die Hauptwurzel darstellt, entweder gesetzmässig blos 2, oder aber 3, oder 4, oder 6, oder 8 ächte Primordialstränge besitzen. Diese Wurzelstränge gehen entweder sämmtlich, oder doch zum grössten Theil weiter aufwärts, am obern Ende des hypocotylen Stengels, als Cotyledonarspuren, in die Keimblätter (Cotyledonen), wobei sich, wie aus der Zahl der Wurzelstränge geschlossen werden muss, die verschiedensten Verhältnisse geltend machen.

Ehe wir an die Darstellung der Untersuchungsergebnisse, die sich auf Pflanzen von verschiedenem Typus beziehen, herantreten, geben wir noch die Zusammenstellung aller uns bekannt gewordenen Dicotyledonen, die in der Hauptwurzel gesetzmässig entweder 2, oder 3, oder 4, oder mehr primordiale Fibrovasalstränge besitzen.

Zwei Primordialstränge in der Hauptwurzel

finden sich bei folgenden Dicotyledonen:

	Cruciferen*	}	nach C. Nägeli's Angaben ¹⁾
	Fumariaceen		
	Caryophylleen		
	Ampelideen		
	Urtica		
	Plantago		
	Helianthemum		
	Baptisia		
Bei	Anthriscus Cerefolium	}	nach van Tieghem ²⁾
	Foeniculum vulgare		
	Petroselinum sativum		
	Bunium Carvi (Carum Carvi)		
	Coriandrum sativum		
	Daucus Carota		
	Beta vulgaris		
	Spinacia oleracea		
	Atriplex hortensis		
	Mirabilis Jalappa		
	Fumaria officinalis		
	Centranthus ruber		
	Tagetes erecta		
	Lupinus varius		
	Trigonella		
Bei	Cannabis sativa	}	nach den Untersuchungen von Dodel.
	Raphanus sativus		
	Datura Stramonium		

¹⁾ Nägeli. Beiträge z. wiss. Bot. Heft I. pag. 23.

²⁾ Van Tieghem. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, I. fasc., pag. 223 ff.

Bei Asperula taurina	}	nach unsern eigenen Untersuchungen.
Capsicum annuum (Paprica)		
Ulmus		
Cratægus		

Drei Primordialstränge

finden sich in der Hauptwurzel:

Bei den meisten Papilionæen	}	nach Nägeli ¹⁾
Orobanche		
Pinus		

Bei **Cleome arborea** (nach Dodel).

Bei Pisum sativum	}	nach van Tieghem, ²⁾ mit unterirdisch verbleibenden Cotyledonen.
Lathyrus sativus		
Orobis vernus		
Ervilia villa		
Ervum Lens		
E. tetraspermum		

Bei Hedysarum coronarium	}	nach van Tieghem, ³⁾ mit oberirdisch sich erhebenden Cotyledonen.
Onobrychis sativa		
Medicago sativa		

Bei **Vicia sativa**, nach unsern eigenen Untersuchungen, deren Resultate wir unten des Näheren auseinandersetzen.

Vier Primordialstränge

finden sich in den Hauptwurzeln:

Bei den **Umbelliferen** (vergl. dagegen oben die Mittheilung nach van Tieghem).

Cucumis	}	nach Nägeli. ⁴⁾
Convolvulus		
Cocculus		
Ricinus		
Euphorbia		

¹⁾ Nägeli. Beitr. z. w. Bot. Heft I, pag. 23.

²⁾ Van Tieghem. I. c. pag. 221.

³⁾ idem.

⁴⁾ Nägeli. I. c.

Bei Phaseolus vulgaris Phas. erectus β nanus Phas. multiflorus	}	nach Dodel. ¹⁾
Bei Ricinus Cucurbita Pepo Impatiens parviflora	}	Derselbe. ²⁾
Bei Faba vulgaris (Vicia Faba) Fraxinus excelsior	}	nach Dodel.
Bei Euphorbia Convolvulus tricolor Carpinus	}	nach van Tieghem.
Bei Acer Prunus	}	nach unsern eigenen Untersuchungen.

Fünf Primordialstränge

finden sich in der Hauptwurzel:

Bei Hedera Helix Clusia flava	}	nach Duchartre. ³⁾
--	---	-------------------------------

Sechs Primordialstränge

finden sich in der Hauptwurzel:

Bei Aesculus Hippocastanum , nach Dodel.	
Quercus	} nach van Tieghem 4).
Juglans regia	
Sambucus , nach unsern eigenen Untersuchungen.	

¹⁾ Dodel. Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahlwurzel. I. Theil.

²⁾ Derselbe. Der Uebergang des Dic.-St. etc. II. Theil.

³⁾ Duchartre. Elements de Botanique, pag. 300.

⁴⁾ Van Tieghem. I. c. p. 247.

Acht Primordialstränge

finden sich in der Hauptwurzel:

Bei *Fagus sylvatica*, nach van Tieghem,¹⁾ ebenso nach unserer eigenen Untersuchung (s. unten). Dodel hat die Keimpflanze von *Fagus sylvatica* im Sommer 1869 provisorisch untersucht, aber unterlassen, die Resultate zu veröffentlichen.

Wir geben dieselben in ergänzter Form unten als Anhang.

Für alle diese Zahlenverhältnisse sind unbedingt die denselben entsprechenden Typen des Uebergangs vom Stengel in die Hauptwurzel an repräsentirenden Keimpflanzen genau zu ermitteln. Nachdem Dodel die fraglichen Verhältnisse in seinen citirten Arbeiten bei *Phaseolus*, *Ricinus*, *Impatiens parviflora* und *Cucurbita Pepo* blossgelegt und uns an genannten Pflanzen den Fibrovasalverlauf bei Pflanzen mit 4 Primordialsträngen in der Hauptwurzel einlässlich erläutert hat, fassen wir einige andere Typen in's Auge und werden der Reihe nach besprechen:

- 1) Eine Pflanze mit 3 Primordialsträngen in der Hauptwurzel:
Vicia sativa.
- 2) Pflanzen mit 2 Primordialsträngen in der Hauptwurzel.
- 3) Einige weitere Pflanzen mit 4 Primordialsträngen in der Hauptwurzel.
- 4) Pflanzen mit 6 Primordialsträngen in der Wurzel.
- 5) Eine Pflanze mit 8 Primordialsträngen in der Wurzel (*Fagus sylvatica*).

Wir beginnen also mit:

¹⁾ Van Tieghem. pag. 247.

Vicia sativa.

I. Die Keimungs- und Entwicklungsgeschichte bis zur Blüthezeit.

Die erste Notiz von der Anwesenheit dreier Primordialstränge in der Hauptwurzel von *Vicia sativa* verdanken wir Duchartre.¹⁾ Im Frühjahr 1876 (April) bemerkten wir im botanischen Garten in Zürich unter andern Gruppen keimender Cultur- und Zierpflanzen auch solche von *Vicia sativa*, von denen sofort einige Exemplare der mikroskopischen Untersuchung unterworfen wurden. Die eigenthümlichen anatomischen und morphologischen Verhältnisse dieser Pflanze leiteten alsbald unsere ganze Aufmerksamkeit auf sich und veranlassten eine einlässlichere Untersuchung der Entwicklungsgeschichte im Allgemeinen und der anatomischen Verhältnisse in Stengel und Hauptwurzel im Besondern. Die Pflanze wurde in allen Keimstadien untersucht und bis zur vollen Entwicklung, d. h. bis zur Blüthezeit, verfolgt.

Ehe wir an die Darstellung der anatomischen Verhältnisse herantreten, die sich in Stengel und Wurzel unserer *Vicia sativa* darbieten, geben wir erst eine kurze Beschreibung der morphologischen Entwicklung der jungen Pflanze, vom ersten Keimstadium an bis zur Fructificationsperiode.

Die geschwellten reifen Samen von *Vicia sativa* zeigen, von der derben Samenschale umhüllt, einen grossen Embryo, dessen zwei Cotyledonen gleich stark entwickelt sind und zur Radicula und Plumula anscheinend ganz ähnliche Stellung einnehmen, wie die zwei mächtigen Cotyledonen bei den Bohnen (*Phaseolus*). Im ersten Keimstadium des Embryo's erfolgen zunächst in den Geweben der Radicula Streckungen und rasche Zelltheilungen. Alsbald wird durch die wachsende Radicula zuerst die Samenschale zersprengt; jene tritt in Form eines gelblich-weissen Zäpfchens aus dem Riss hervor und wächst rasch abwärts in der Richtung der Schwerkraft. Nach wenigen Tagen ist der Keimling so weit entwickelt, dass die Radicula eine etliche Centimeter lange Hauptwurzel darstellt, an welcher einstweilen noch keine

¹⁾ Duchartre. Elements de Botanique. Prém. partie. Paris. 1876.

Nebenwurzeln beobachtet werden. Am obern, ältesten Ende der Hauptwurzel erscheinen die zwei fleischigen Cotyledonen noch in der Samenschale eingeschlossen, selbstverständlich scheinbar nach der gleichen Richtung des Horizontes von der Keimaxe abgehend. Erst wenn die Hauptwurzel sammt dem sehr kurzen hypocotylen Stengeltheil eine beträchtliche Länge erreicht hat, erhebt sich aus dem kleinen Riss der Samenschale, zwischen den Insertionsstellen der Cotyledonen die oberirdische Axe. Die Cotyledonen bleiben im Niveau ihrer ersten Keimlage, d. h. die hypocotyle Axe wächst einzig als Hauptwurzel, ohne dass der oberste Theil der Radicula als hypocotyle Stengel sich zu strecken vermöchte und dadurch also die Cotyledonen über die Erde zu erheben im Stande wäre. Demgemäss erkennt man leicht, dass Alles, was unterhalb der Cotyledonen, also unterirdisch sich entwickelt, zum eigentlichen Wurzelsystem gehört, während alle Axentheile über den Cotyledonen Stengelnatur besitzen. (Vergl. Fig. 1. A. u. B.)

Während die Hauptwurzel — senkrecht abwärts wachsend — sich immer weiter entwickelt und alsbald auch Nebenwurzeln an derselben auftreten, wächst die hypocotyle Axe ebenso rasch senkrecht aufwärts. Bei Freiland-Cultur (Aussaat in Humus) treten schon an den ersten Knoten über den Cotyledonen Zweige auf, die in der Axel von dreispaltigen kleinen Nebenblättchen entstehen, während bei Topfcultur im Zimmer (Zucht in feuchtem Sand, Torfmoos etc.), die Verzweigung des oberirdischen Stengels im untern Theile in der Regel unterbleibt. In beiden Fällen stehen die untersten Blattgebilde an der Hauptaxe isolirt, alternirend und sind immer nur Nebenblättchen, indem erst an höhern Stengeltheilen die eigentlichen Laubblätter zur Entwicklung gelangen. Am obern Ende der ersten zwei oder drei Internodien finden wir daher nur halbstengelumfassende Nebenblättchen, deren erstes mit den nach einer Seite gerichteten Cotyledonen alternirt, indess das zweite (am obern Ende des zweiten Internodiums), wieder senkrecht über den Cotyledonen, respective über den noch nicht völlig ausgesaugten Samen zu stehen kommt. Wir werden später auseinander setzen, dass die zwei Cotyledonen in Wirklichkeit weder nach einer und derselben Seite, noch auch opponirt sind, sondern um $\frac{1}{3}$ des Axenumfanges von einander abstehen. Das erste Nebenblättchen über den Cotyledonen ist in Wirklichkeit keinem der beiden Cotyledonen opponirt, sondern vom einen und vom andern Cotyledon um die Divergenz $\frac{1}{3}$ (120°) entfernt. Im untern Theil der Keimaxe ist demnach bei *Vicia sativa* die Blattstellung, (Cotyledonen und Primordialblatt), eine Eindrittelstellung. Anders in der Keimaxe über dem ersten Internodium. Dort ist die Blattstellung eine Halbstellung, (Divergenz = 180°), was nicht auffallen wird, wenn wir uns daran erinnern, dass bei den keimenden Dicotyledonen die ersten Blätter (Cotyledonen plus

Primordialblätter), in der Regel eine andere Divergenz aufweisen, als die eigentlichen Laubblätter in höhern Regionen. Auffallend ist bei *Vicia sativa* einzig der Umstand, dass die Primordialblätter sich nicht vollständig entwickeln, und dass sie — abweichend von den meisten übrigen Dicotyledonen — nicht zu Zweien in gleicher Höhe von der Axe abgehen, sondern isolirt erscheinen und alterniren. Am obern Ende des dritten oder vierten Internodiums der Hauptaxe erscheinen nicht mehr bloss Nebenblättchen, sondern eigentliche Laubblätter. (Vergl. Taf. I. Fig. 1. A.). Diese letzteren bleiben in der Entwicklung und Differenzirung an der Hauptaxe weit hinter den Blättern der Zweige (den Axen II. und III. Ordnung) zurück. Das unterste Laubblatt besitzt am Grunde des Stieles zwei kleine zahnige Nebenblättchen, je eines zu beiden Seiten des Blattstieles. Letzterer tritt an die Stelle des Mittellappens bei den ersten zwei oder drei Nebenblättchen über den Cotyledonen. Der 1—1½ Centimeter lange Stiel des ersten Laubblattes trägt zwei circa 3—4 Millimeter breite und 1—2 Centimeter lange grüne stumpfanzettliche Fiederblättchen und als Fortsetzung des Blattstieles ein kurzes, grünes Zähnchen. Weiter aufwärts wiederholt sich dieselbe Blattbildung an mehr oder weniger Knoten. Beim fünften bis siebenten Internodium werden aber die eigentlichen Laubblätter der Hauptaxe complicirter. Es treten zwei, selten drei bis vier Paare Fiederblättchen auf. Letztere werden immer breiter, dafür aber kürzer und nehmen allmählich die Gestalt der in allen Floren beschriebenen Fiederblättchen von *Vicia sativa* an. Aehnlich entwickelt sich die Fortsetzung des Blattstieles zur Ranke. (Taf. I. Fig. 1. A.)

Bei keinem einzigen der vielen Keimlinge aus verschiedenen Culturen von *Vicia sativa* bildeten sich Zweige in der Axel wirklicher Laubblätter der Hauptaxe. Die letztere zeigt überhaupt in höchst auffälliger Weise ein beschränktes Wachsthum. Es entwickeln sich an der Hauptaxe nur 9—10 Internodien, welche insgesamt kaum die Länge von 25 oder 30 Centimeter übersteigen. Einzig am obern Ende der ersten zwei oder drei Internodien des hypocotylen Stengels entstehen in der Axel reducirter Primordialblätter (Nebenblättchen) Zweige von kräftiger Entwicklung. Diese secundären Axen entwickeln sich rasch so üppig, dass sie in kurzer Zeit die Hauptaxe überholen. Letztere entwickelt sich nicht weiter; alsbald sterben die obern Internodien ab, indess an den zwei oder drei kräftigen Seitenaxen Zweige zweiter Ordnung, (Axen III. Ordnung), entstehen. Die Blätter dieser kräftigen Triebe sind mehrpaarig gefiedert und bekanntlich am Ende mit einer bisweilen verzweigten Ranke ausgestattet. In den Axeln wirklicher Laubblätter der Zweige können neue Sprossen entstehen, wodurch sich die secundären Axen von der primären unterscheiden.

Weiterhin ist hervorzuheben, dass die Hauptaxe fast der ganzen Länge nach,

von den Cotyledonen an bis zu den oberen Internodien, solid ist, während die üppigen Zweige schon im untersten Internodium hohl erscheinen. Die Hauptaxe erreicht daher auch nie den Durchmesser der Zweige, sondern bleibt schwächlich. An blühenden Exemplaren von *Vicia sativa* sind die sämtlichen Theile der Hauptaxe über den Zweigen meist schon vollständig verdorrt oder verschwunden.

Fassen wir kurz das Vorstehende zusammen, so ergibt sich, dass die Entwicklung des hypercotylen Stengels und der davon abgehenden Blätter weit von der Entwicklung der secundären Axen abweicht, hinter der letzteren zurückbleibend. Die Hauptaxe über den Cotyledonen erscheint somit gleichsam als intermediäres Gebilde, im Vergleich zu den vollständig entwickelten Zweigen rückgebildet.

Interessanter als diese äusseren Merkmale gestalten sich die anatomischen Verhältnisse in der Entwicklung der Fibrovasalmassen von der Hauptwurzel an aufwärts bis in die oberen Internodien der hypercotylen Axe, welche Verhältnisse wir im Folgenden des Nähern beschreiben werden.

II. Die primordialen Fibrovasalstränge in der Hauptwurzel.

Die Hauptwurzel von *Vicia sativa* übertrifft im ausgewachsenen Zustand der Pflanze an Mächtigkeit alle übrigen Wurzeln des ganzen Systems, abweichend von *Phaseolus* und manchen andern Dicotyledonen, wo die Hauptwurzel sehr oft von den obersten Nebenwurzeln im Wachsthum bedeutend überholt wird. Die Differenzirung der verschiedenen Gewebmassen aus dem Urmeristem der Wurzelspitze (dem Zellcomplex des Vegetationspunktes), erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei *Phaseolus*. Auf die Darstellung dieser ersten Entwicklung haben wir zum Vornherein verzichtet. Dicht unterhalb des Vegetationspunktes zeigt der Querschnitt durch die Wurzel, von Aussen nach Innen fortschreitend, die zarte Epidermis, deren Zellen später zum Theil in feine Wurzelhaare auswachsen. (Vergl. Taf. II. Fig. 6.) Unter der Epidermis folgt die mehrere Zellschichten mächtige primäre Rinde, bestehend aus polyedrischen Zellen, die sehr früh luftführende Interzellularräume zwischen sich erkennen lassen. Die innerste Rindenschicht zeigt ebenfalls frühzeitig die charakteristische Differenzirung der Schutzscheide, wie sie Dodel für *Phaseolus* beschrieben hat. Die radialen Wände der Schutzscheidezellen erscheinen nämlich schwärzlich, wegen der auch von Dodel¹⁾ für *Phaseolus* beschriebenen wellenförmigen Unebenheit dieser Membranen; auch finden sich zwischen den Schutzscheidezellen keine Interzellularräume.

¹⁾ Dodel in den Jahrb. für wissenschaftl. Botanik. Bd. VIII., pag. 172.

Die Schutzscheide umschliesst den centralen Procambiumcylinder, der im Querschnitt unterhalb des Vegetationspunktes aus gleichartig erscheinenden zartwandigen, lebhaft sich theilenden Zellen besteht. Einige Querschnitte tiefer begegnen wir den ersten Derivaten des Procambiums in Form von dunkel conturirten engen Gefässzellen. Die ersten, im Querschnitt deutlich erkennbaren Gefässe treten nicht unmittelbar unter der Schutzscheide auf, sondern sind von letzterer durch eine oder zwei Zellschichten von Pericambium getrennt, einem Gewebe, das zuerst von Nägeli beschrieben und richtig gedeutet worden ist. Die Gefässbildung beginnt innerhalb der Pericambiumschicht an drei peripherischen Punkten, die in der Regel genau um 120° von einander abstehen. An jedem dieser drei peripherischen Punkte tritt zuerst ein einziges (seltener ein Paar) primordiales Gefäss auf. (Taf. II. pr. G. in Fig. 6.) Von allen drei Punkten aus schreitet nun die Gefässbildung in centripetaler Richtung gegen den Mittelpunkt des Querschnittes vor. Die Gefässzellen gewinnen von Aussen nach Innen mehr und mehr an Durchmesser. Wir haben also in der Wurzel von *Vicia sativa* drei centripetale primordiale Vasalstränge. Die äussersten, engsten Gefässe sind mit Spiralleisten ausgestattet; es gelang uns trotz wiederholter Untersuchungen nie, ein Ringgefäss in irgend einem Wurzeltheil aufzufinden, was mit der entsprechenden Untersuchung bei *Phaseolus* (Dodel) übereinstimmt, dagegen mit van Tieghem¹⁾, welcher bei den verschiedensten Dicotyledonenwurzeln in den Primordialsträngen wirkliche Ringgefässe gesehen haben will, in Widerspruch steht. Die Gefässbildung schreitet nun vollständig bis zum Mittelpunkt des Querschnittes vor; die letzten Gefässe jedes Primordialstranges sind porös verdickt; sie entstehen in der Zeit, da die Gewebe des centralen Cylinders sich nicht mehr in die Länge dehnen, der Verholzungsprocess also bereits schon begonnen hat. Wir finden daher in der Axe der Hauptwurzel nur poröse Gefässe.

Sehr oft findet sich im Centrum eines Wurzel-Querschnittes anstatt einer grössern Zahl von porösen Gefässen, welche integrirende Bestandtheile der drei primordialen Vasalstränge bilden, nur ein einziges poröses Gefäss von mächtiger Ausdehnung. (Taf. II., Fig. 5. s. G.) Auf diesem Stadium angelangt, stellt der Vaskalkörper der Hauptwurzel im Querschnitt einen dreizackigen Stern dar. Die drei primordialen Vasalstränge nehmen gegen das Centrum des Querschnittes nicht allein wegen des grössern Durchmessers der porösen Gefässe an Breite zu, sondern auch, weil die Gefässe nach und nach in immer grösserer Zahl gleichzeitig neben einander auftreten, wodurch der Querschnitt des einzelnen Vasalstranges schliesslich die Gestalt

¹⁾ Van Tieghem. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. I. fasc.

eines Dreieckes erhält, dessen Basis auf dem grossen centralen Gefässe ruht, während die beiden übrigen Seiten mit den entsprechenden Seiten der benachbarten Vasalstränge zusammenstossen und dadurch dem ganzen primordialen Vasalkörper selbst auf dem Querschnitt die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes verleihen. Bis zu diesem Stadium verhält sich die Entwicklung des Vasalkörpers der Hauptwurzel in seiner ganzen Länge ganz gleich und zwar bis in die Nähe der Cotyledonen.

Gleichzeitig mit der Differenzirung der centripetalen Vasalstränge beginnt und schreitet auch die Entwicklung des primären Bastkörpers vor und zwar unter ganz denselben Erscheinungen, wie bei *Phaseolus* (Dodel 1. c.) Es tritt nämlich unter der äussersten Pericambiumzellschicht an drei peripherischen Stellen zwischen den allerersten Primordialgefässen eine Zellgruppe auf, deren Inhalt ganz wasserhell erscheint, deren Wände aber allmählich dicker werden, nach und nach concentrirte Schichtung zeigen und schliesslich — stark lichtbrechend — nur noch ein kleines Zelllumen einschliessen. Diese Zellgruppen sind die primären dickwandigen Bastbündel, welche in tangentialer Richtung langgestreckt und vielzellig erscheinen, im Radius dagegen meist nur wenige Zellschichten mächtig sind. Erst gegen die Basis der Hauptwurzel hin erscheinen die dickwandigen Bastbündel, die nur durch eine einzige Zellschicht des Pericambiums von der Schutzscheide getrennt sind, mehr oder weniger abgerundet von ovalem oder kreisrundem Querschnitt. (*Tafel II. Fig. 7.*) Die dickwandigen Bastbündel stellen in der grössten Länge der Hauptwurzel langgestreckte Lamellen dar, deren Enden ursprünglich nur durch wenige zartwandige Zellen von den benachbarten Primordialgefässen entfernt sind.

Zwischen den dickwandigen primären Baststrängen liegen diejenigen Pericambiumpartien, welche radial ausserhalb der ersten Primordialgefässe, zwischen diesen letzteren und der Schutzscheide einen mehrzelligen Gewebestrang darstellen, aus welchem später die Nebenwurzeln ihren Ursprung nehmen. Innerhalb der dickwandigen Bastbündel dagegen findet sich noch eine dünne Schicht von Weichbast, bestehend aus zartwandigen, im Querschnitt cambiumartig aussehenden Zellen etwas grösseren Umfanges, zwischen welchen einzelne sehr zarte, äusserst enge Leitzellen eingestreut sind, deren Inhalt meist trüb aussieht. Die Grenze zwischen dem Weichbast und dem zwischen diesem und dem Vasalkörper liegenden Cambium ist kaum erkennbar. Nun bleibt als letzter noch zu erwähnender Theil des Wurzelquerschnittes das eigentliche Cambium. Aus dem Vorhergehenden resultirt, dass auf diesem Stadium der Entwicklung unserer Hauptwurzel drei Cambiumstränge vorhanden sind, welche den Seiten des regelmässigdreieckigen Vasalkörpers anliegend, rechts und links von den

ersten Primordialgefäßen und dem darüber liegenden Pericambium, nach Aussen aber von den primären Bastelementen begrenzt sind.

Ehe wir das weitere Dickenwachsthum der Hauptwurzel beschreiben, verfolgen wir die primären Vasal- und Baststränge aufwärts in der Hauptwurzel bis zu den Cotyledonen. Die Hauptwurzel von *Vicia sativa* entbehrt durchaus des Markkörpers. Die drei primordialen Vasalstränge, welche bis in die Nähe der Wurzelspitze reichen, verlaufen daher von dieser letztern an bis zur Basis der Hauptwurzel parallel. Bis in die unmittelbare Nähe der einseitswendigen, bodenständigen (resp. unterirdischen) Cotyledonen ist das Aussehen der primordialen Vasalstränge das oben beschriebene. Erst in der nächsten Nähe, höchstens 2—3 Millimeter unterhalb der Insertionsstelle der in der Samenschale eingeschlossen bleibenden Cotyledonen zeigen sich einige Modificationen. Hier stossen wir auf die **Uebergangsstelle der Hauptwurzel in den hypocotylen Stengel**.

Die Uebergangspartie von der Hauptwurzel in den Stengel occupirt nur eine sehr kurze Strecke der hypocotylen Axe. Einige wenige auf einander folgende Querschnitte zeigen alle wesentlichen Modificationen in rascher Aufeinanderfolge. Wenige Millimeter unterhalb der Cotyledonen haben wir bei *Vicia sativa* auf dem Querschnitt noch alle typischen Charaktere der eigentlichen Hauptwurzel, nämlich 3 centripetal entwickelte Vasalstränge, und mit diesen alternirend an der Peripherie des Fibrovasalkörpers die 3 dickwandigen Bastbündel. Gegen die Insertionsstelle der Cotyledonen hin erfolgt aber eine Spaltung der 3 centripetal entwickelten Vasalstränge in der Art, dass die engsten zuerst entstandenen Gefässe mehr und mehr sich von der Schutzscheide entfernen, indess die nachfolgenden Gefässe sich nach Rechts und Links auf die Tangente ausbreiten, bis — wenige Querschnitte höher — die zuletzt entstandenen Primordialgefässe in beinahe centrifugaler Richtung, nach Aussen von den tangential angeordneten ersten und engsten Gefässen an divergirend, eigentlich für jeden ursprünglichen Vasalstrang der Wurzel zwei centrifugal entwickelte Gefässgruppen darstellen. (Vergl. Taf. II. Fig. 7 und Fig. 8 pr. G.). So entstehen also aus den 3 primordialen, **centripetal** entwickelten Vasalsträngen der Hauptwurzel beim Uebergang zu den Cotyledonen hin 3×2 einander noch naheliegende **centrifugale** Vasalstränge des sehr kurzen hypocotylen Stengels. Auch die 3 zwischen den Vasalsträngen liegenden primordialen dickwandigen Baststränge der Wurzel entwickeln sich auf den wenigen auf einander folgenden Querschnitten gegen die Cotyledonen hin mehr in tangentialer Richtung, bis sie schliesslich sich in mehrere isolirte wenigzellige Gruppen auflösen. Selbstverständlich gehört je die eine Hälfte eines dickwandigen Baststranges der Wurzel zum einen Vasalstrang, die andere Hälfte desselben Baststranges jedoch zum benachbarten Vasalstrang der Wurzel.

Bei der Insertionsstelle der Cotyledonen gehen nun die Elemente von nur zwei Fibrovasalsträngen der Wurzel in die Cotyledonen ab. Jeder Samenlappen erhält demgemäss nur einen der 3 centrifugal entwickelten Doppelstränge des hypocotylen Stengels und selbstverständlich auch die entsprechenden Bastelemente. Das dritte Strangpaar des hypocotylen Stengels dagegen gibt **keine** Elemente an die Cotyledonen ab, sondern vereinigt sich über den Cotyledonen zum Medianstrang *m* (Taf. I. Fig. 3) des ersten Nebenblattes am hypocotylen Stengel. Wohl aber können von dieser direkten Verlängerung des dritten Vasalstranges der Hauptwurzel im ersten Internodium des Stengels über den Cotyledonen noch wahre Nebenwurzeln abgehen.

Aus dem Vorhergehenden resultirt zur Evidenz, dass die Cotyledonen von *Vicia sativa* entsprechend ihren bis in die Hauptwurzel zu verfolgenden Blattspuren, die daselbst zwei centripetal entwickelte Vasalstränge repräsentiren, in Wirklichkeit nicht opponirt sind, sondern genau um $\frac{1}{3}$ des Stengelumfangs, also 120° von einander abstehen. (Vergl. Taf. I. Fig. 2, Höhe *e*, Fig. 3 bei *Co. Co.*, und Taf. II. Fig. 8, *Co. Co.*). Die schon bei oberflächlicher Betrachtung der beblätterten Keimpflanze anscheinend einseitswendigen Cotyledonen (Taf. I. Fig. 1. *s*) sind also bei *Vicia sativa* faktisch einander bedeutend mehr genähert, als bei der opponirten Cotyledonenstellung der meisten übrigen Dicotyledonen.

Noch frappanter ist der Umstand, dass einer der drei ganz gleichartig entwickelten Fibrovasalstränge der Hauptwurzel weiter aufwärts im Stengel sich nicht als Cotyledonarstrang, sondern als Medianstrang des ersten über den Cotyledonen stehenden Laubblattes, das allerdings nur auf ein Nebenblättchen reducirt ist, repräsentirt.

Weiterhin muss sofort auffallen, dass im ersten Internodium über den Cotyledonen sich anatomische Verhältnisse geltend machen, die in mehrfacher Beziehung an typischen Wurzelcharakter erinnern. Wir besprechen daher:

III. Die primordialen Fibrovasalstränge im ersten Internodium der hypocotylen Axe.

Der Querschnitt durch das erste Internodium einer noch jungen beblätterten Pflanze zeigt dicht über den Cotyledonen zunächst zwei Gruppen sehr enger, schwarz conturirter Primordialgefässe, welche ungefähr in den Brennpunkten des elliptischen Umrisses des centralen Fibrovasalkörpers liegen. Der letztere ist in jugendlichem Zustand nicht scharf gegen die junge Rinde abgegrenzt. Von der Schutzscheide lässt

sich hier kaum mehr reden, da es geradezu unmöglich ist, eine concentrische Schicht von Zellen zu erkennen, welche dieselbe Stellung der Wände und die übrigen Charaktere aufweisen, wie etwa die Schutzscheide in der jungen Hauptwurzel. Auch von einem Pericambiumring ist im Querschnitt des ersten Stengel-Internodiums Nichts mehr zu erkennen. Dagegen ist der Umriss des jungen Fibrovasalkörpers über den Cotyledonen, wie bereits bemerkt, ein elliptischer. Die grosse Axe der Ellipse ($m m'$ in *Fig. 11. Taf. III*) liegt so, dass eine durch sie gelegte vertikale Ebene einerseits mitten zwischen die 2 um 120° von einander entfernten Cotyledonen, andererseits aber durch den dritten Primordialstrang der Hauptwurzel, dessen Elemente nicht in die Cotyledonen abgehen, zu stehen kommt.

Das Mark fehlt im ersten Stengelinternodium. Die ganze Ellipse stellt im jüngsten Stadium einen soliden Procambium-Cylinder dar, ganz wie in der Hauptwurzel. Die Gefässbildung beginnt im ersten Stengelinternodium an zwei Punkten der grossen Ellipsenaxe.

Sie schreitet von diesen 2 Punkten aus — Brennpunkte der Ellipse — gleichzeitig in centripetaler Richtung einerseits gegen das Centrum des ganzen Querschnittes, andererseits aber — und zwar gleichzeitig mit dieser centripetalen Entwicklung nach Aussen und zwar von jedem Brennpunkt der Ellipse aus nach drei Richtungen, nämlich centrifugal in der Richtung der Hauptaxe und ebenso centrifugal nach Rechts und Links fast rechtwinklig zur Hauptaxe parallel mit der kleinen Ellipsenaxe nach Aussen. (*Vergl. Fig. 11. Tafel III*, wo $m m'$ die Hauptaxe, $l l$ und $l' l'$ die Parallelen der kleinen Axe darstellen.)

Die primordialen Gefässe des einen Brennpunktes bei m entsprechen in ihrer Lage und in ihrem Verhalten zu den folgenden um den Brennpunkt angeordneten Gefässen des untersten Stengelinternodiums den ersten Primordialgefässen jenes dritten Wurzelstranges, dessen Elemente nicht in die Cotyledonen abgehen, sondern aufwärts im Stengel bis zum Mittellappen des ersten Laubblattes (Nebenblattes) verlaufen. Die nach Rechts und Links von dem einen Brennpunkt m abgehenden centrifugal entwickelten Primordialstränge $l l$ dagegen sind nichts Anderes als die 2 Lateralstränge des ersten, isolirt stehenden Blattes am obern Ende des untersten Internodiums. (*Vergl. Fig. 3. Taf. I. m l l* mit *Fig. 11. Taf. III. m l l*).

Die primordialen Gefässe des anderen Brennpunktes bei m' dagegen sind nichts Anderes, als die ersten Gefässe des Medianstranges vom zweiten über den Cotyledonen stehenden Blatte (Nebenblättchen), welches, am obern Ende des zweiten Internodiums,

senkrecht über den noch in der Samenschale eingeschlossenen Cotyledonen inserirt ist. Desgleichen entsprechen die um den Brennpunkt m' situirten centrifugalen Primordialgefässe $l' l'$ den 2 Lateralsträngen desselben Blattes. Am leichtesten überblickt man diese Verhältnisse in *Fig. 3 Taf. I*, wo nur das System der Vasalstränge des centralen Cylinders so dargestellt ist, als ob man die Gefässstränge auf der in eine Ebene abgerollten Cylinderfläche des Holz- und Gefässkörpers projecirt hätte.

Nun ist beinahe deutlich genug gesagt, dass die sämtlichen Primordialgefässe der einen Ellipsenhälfte, $m l l$, vollständig in das unterste Blatt am obern Ende des ersten Internodiums, die sämtlichen Primordialgefässe der andern Ellipsenhälfte dagegen in das zweite Blatt am obern Ende des zweiten Internodiums abgehen.

Die Lateralstränge $l l$ und $l' l'$ des ersten Internodiums lehnen sich paarweise an einander und münden in der Höhe der Cotyledonen in die Insertionsstelle der Primordialgefässe der Cotyledonarspuren, wie *Fig. 3 Taf. I. Co. Co* anzeigt. Der eine Medianstrang m dagegen steigt als Primordialstrang der Wurzel abwärts und verläuft parallel mit den 2 Cotyledonarspuren bis in die Nähe der Wurzelspitze, indess der andere Medianstrang m' , dem zweiten Blatt über den Cotyledonen entspringend, nur bis zu den Cotyledonen abwärts steigt und zwischen der Insertionsstelle der letztern sich im Vasalcylinder der sehr kurzen hypocotylen Axe verliert. (*Vergl. Taf. I. Fig. 3. m'*).

Das sind nun aber keineswegs alle Vasalstränge des ersten Internodiums. Im Querschnitt eines etwas weiter entwickelten untersten Stengelstückes treffen wir nämlich ausserhalb des centralen Fibrovasalcylinders im Rindenparenchym noch zwei isolirte Fibrovasalstränge (*Taf. III. Fig. 10. GB* und *Taf. I. Fig. 4. GB, GB*) mit einigen wenigen Primordialgefässen, die der Axe des Organes zugekehrt sind und mit einem mächtigen dickwandigen Basttheil ausgestattet. Diese 2 in der primären Rinde verlaufenden isolirten Fibrovasalbündel mit begrenztem Wachsthum stehen abseits, rechts und links von der Hauptaxe der centralen Fibrovasal-Ellipse des Querschnittes. Mit diesen zwei isolirten Fibrovasalbündeln alterniren in der Rinde 2 grosse dickwandige Bastbündel, die in der Regel keinerlei andere Elemente enthalten, als stark verdickte Bastzellen. Nur ausnahmsweise kann der eine oder der andere dieser Bastbündel auch von einigen Gefässen begleitet sein, ja es können an der Stelle des **einen** dieser dickwandigen Bastbündel auch **zwei** isolirte Fibrovasalbündel vorhanden sein, was alsbald einleuchten wird, wenn wir wissen, woher diese verschiedenen isolirten Bündel ihren Ursprung nehmen und wohin sie gehen.

In allen Fällen stehen die zwei erstgenannten Fibrovasalstränge der primären Rinde rechts und links von der Hauptaxe der Vasal-Ellipse, indess die gewöhnlich vorhandenen dickwandigen Bastbündel der Rinde in der Verlängerung der genannten

Ellipsenaxe liegen (*vergl. Taf. III. Fig. 9 und 10, dB & dB'*), demnach steht radial über dem Medianstrang m nach Aussen der Rindenbaststrang dB und radial über dem Medianstrang m' der Rindenbaststrang dB' .

Beiderlei Rindenbaststränge (dB und dB') correspondiren nach Ursprung und Verlauf auch in der That mit den darunter liegenden Fibrovasalsträngen m und m' , welche wie jene ersteren in den zusagenden Blättern ihren Ursprung nehmen und von da an bis zu den Cotyledonen abwärts verlaufen. Der Rindenbaststrang dB vereinigt sich auf dem Niveau der Cotyledonen mit dem medianen Vasalstrang m .

Beim Abgang des untersten Blattes sieht man den dickwandigen Rindenbaststrang dB sich mit dem Medianstrang der ersten Blattspur vereinigen und in den Mittellappen des dreitheiligen Nebenblattes verlaufen. Wenn wir uns nun davon erinnern, dass die Blattspuren ihre Entwicklung an der Insertionsstelle der Blätter beginnen und von da einerseits in's Blatt, anderseits abwärts in den Stengel wachsen, so erscheint nun der radial über dem medianen Vasalstrang m liegende dickwandige Rindenbaststrang dB nur als für den Verlauf im Stengel abgespaltener Theil eines im Mittellappen des correspondirenden Blattes vereinigten Fibrovasalstranges. Diese Auffassung ist nicht ohne etwelche Bedeutung, da solche isolirte dickwandige Baststränge nicht allein in allen Internodien von *Vicia sativa*, sondern auch bei vielen andern krautigen Pflanzen vorkommen.

Der dickwandige Rindenbaststrang dB' , radial ausserhalb des medianen Vasalstranges m' liegend, nimmt seinen Ursprung im zweiten Blatt am obern Ende des zweiten Internodiums und steigt abwärts bis zwischen die Insertionsstelle der beiden Cotyledonen. (*Vergl. Taf. I. Fig. 2. dB' und Fig. 4. dB' , ebenso Taf. II. Fig. 8. dB' , Taf. III. Fig. 10. dB' und Taf. IV. Fig. 14. dB'*).

Noch haben wir den Ursprung und Verlauf der 2 isolirten Fibrovasalstränge in der primären Rinde zu besprechen. Während die zwei opponirten dickwandigen Rindenbaststränge in der verticalen Medianebene der Laubblätter stehen, nehmen die mit ihnen alternirenden Fibrovasalstränge der Rinde dicht unter der Epidermis einen Verlauf, welcher der Ebene entspricht, die vertical durch die Axe des Stengels gehend, senkrecht zur Laubblatt-Ebene steht. Jeder dieser 2 isolirten Fibrovasalstränge ist ungefähr um den vierten Theil des Stengelumfangs von dem einen und dem anderen dickwandigen Rindenbaststrang entfernt (*Vergl. Taf. I. Fig. 2. Höhe g, erster Schnitt über den Cotyledonen*).

Diese 2 isolirten Fibrovasalstränge der Rinde im ersten Internodium stammen aus dem ersten Laubblatt, das ja, wie früher bemerkt wurde, auf ein dreilappiges Nebenblatt reducirt ist. Jene biegen nämlich am obern Ende des ersten Internodiums

in die Seitenlappen des dort abgehenden Nebenblattes aus, werden aber an der Insertionsstelle des letztern durch Gefässanastomosen mit dem medianen Fibrovasalstrang des betreffenden Blattes verbunden. (*Vergl. Taf. I. Fig. 2.* Querschnittsdarstellung in der Höhe des untersten Blattes über den Cotyledonen und *Fig. 4, GB, GB* im ersten Internodium über den Wurzeln). Abwärts durch das ganze erste Stengel-Internodium verlaufend, setzen sich diese isolirten Fibrovasalstränge der Rinde, die wir passend auch äussere Lateralstränge der ersten Nebenblattspur nennen können, in dem Niveau der Cotyledonen an den centralen Fibrovasalcylinder an, wobei sie natürlich von der Epidermis an die ganze primäre Rinde in sanftem Bogen durchsetzen müssen, um die Peripherie des primordialen Fibrovasalkörpers in der Axe des Stengels zu erreichen.

In der Höhe des ersten Blattes über den Cotyledonen treten an die Stelle der in das erste Blatt abgehenden Fibrovasal- und dickwandigen Baststränge des Gefässcylinders sowohl, als auch der primären Rinde, ganz analoge Gebilde des zweiten, respective des dritten Internodiums.

Wir gelangen dabei an

IV. Die primordialen Fibrovasalstränge im zweiten und dritten Internodium der hypercotylen Axe.

Bei der in *Fig. 1. Taf. I.* dargestellten Keimpflanze finden wir im zweiten und dritten Internodium im Wesentlichen dieselbe Anordnung und Entwicklung der primordialen Fibrovasalstränge, wie im ersten Internodium. Auffallend ist auch hier die gänzliche Abwesenheit des Markes und die damit in Beziehung stehende **centripetal-centrifugale Entwicklung** der zwei opponirten Medianstränge m^1 und m^2 in *Fig. 3. Taf. I.* Auch da beginnt die primordiale Gefässbildung in den Brennpunkten der Procambium-Ellipse des Querschnittes. Von diesen zwei Brennpunkten aus verbreitet sich jederseits die weitere Vasalbündelentwicklung nach allen 4 Richtungen des Horizontes derart, dass — wie im ersten Internodium — in der Hauptaxe der Procambium-Ellipse von den 2 Brennpunkten aus sich eine centripetale Entwicklung gegen die Axe des Internodiums geltend macht, während andererseits und gleichzeitig bei jedem Brennpunkt rechts und links, sowie centrifugal in der Richtung der Ellipsenaxe neue Gefässe entstehen, welche als Median- und Lateralstränge des auf der gleichen Stengelseite stehenden nächst oberen Laubblattes zu betrachten sind. Man vergleiche *Taf. I. Fig. 3. $m^1 l^1 l^1$ und $m^2 l^2 l^2$* mit *Taf. IV. Fig. 12.* — hier die Hauptaxe der

Ellipse und die 2 dieselbe kreuzenden Querlinien, welche letztere der Entwicklungsrichtung der Lateralstränge entsprechen; ebenso in *Fig. 14* das Centrum des Querschnittes, wo die Pfeile ebenfalls die Richtung der Gefässbündel-Entwicklung angeben.

Nach der eingehendern Darstellung der ähnlichen Verhältnisse im ersten Stengelinternodium können wir für das zweite Internodium an der Hand der beiden *Fig. 3* und *4* in *Taf. I* in Kürze folgendermassen resümiren:

1. Der Median-Vasalstrang m^1 , welcher senkrecht in der Mitte zwischen der Insertionsstelle der Cotyledonen aufwärts verläuft und bekanntlich schon im ersten Internodium vorhanden ist, geht in das zweite Laubblatt, respective in das isolirt stehende Nebenblatt am obern Ende des zweiten Internodiums ab. An die Stelle desselben tritt am untern Ende des dritten Internodiums der Medianstrang m^3 .

2. Die lateralen Vasalstränge $l^1 l^1$, ebenfalls schon im ersten Internodium angetroffen, steigen parallel mit dem Medianstrang bis an's obere Ende des zweiten Internodiums und biegen dort in die Seitenlappen des Nebenblattes aus; an ihre Stelle treten im dritten Internodium die Lateralstränge $l^3 l^3$. (Wie früher bemerkt, fehlt auch dem zweiten Stengelblatt die höhere Entwicklung und ist dasselbe auch auf ein dreilappiges Nebenblatt reducirt. Der Mittellappen des letztern entspricht hier dem Blattstiel der stärker entwickelten wirklichen Laubblätter).

3. Der zweite Medianstrang, m^2 , steigt dagegen in das dritte Internodium und geht am obern Ende desselben in das dritte Laubblatt ab, während er bis zum ersten Blatt abwärts steigend, dort sich an den Fibrovasalcyylinder des ersten Internodiums anlehnt.

4. Ebenso verhalten sich die Lateralstränge $l^2 l^2$. Sie setzen sich in der Höhe des ersten Blattes, also am untern Ende des zweiten Internodiums an die entsprechenden Lateralstränge $l l$, durchziehen nicht allein das ganze zweite, sondern auch das dritte Internodium, um am obern Ende des letztern in das dort inserirte Blatt abzugehen.

5. Der isolirte dickwandige Rindenbaststrang dB^1 (*Taf. IV. Fig. 14* und *Taf. I. Fig. 4*), ebenfalls schon im ersten Internodium vorhanden, durchsetzt auch das ganze zweite Internodium und vereinigt sich am obern Ende des letztern mit dem medianen Vasalstrang m^1 , um in das dort inserirte Nebenblatt abzugehen.

6. An der Stelle des zweiten dickwandigen isolirten Rinden-Baststranges haben wir im zweiten und dritten Internodium unserer Keimpflanze ein genähertes Paar isolirter dickwandiger Baststränge, dB^2 in *Fig. 4. Taf. I.* und dB^2 , dB^2 in *Fig. 14. Taf. IV*, ebenso in *Taf. V. Fig. 15*. Diese beiden als Einheit aufzufassenden dickwandigen Rindenbaststränge des zweiten und dritten Internodiums setzen sich nach

Unten an den Fibrovasalkörper des Querschnittes beim Abgang des ersten Blattes an. (Vergl. *Fig. 2*, dB^2 über dem ersten Blatt und *Fig. 4*, dB^2). Da die in allen Internodien vorkommenden dickwandigen Baststränge der Rinde sich am untern Ende, beim Ansatz an die tiefer liegenden Elemente jeweilen spalten, so kann es nicht auffallen, wenn diese Spaltung ausnahmsweise schon früher, d. h. weiter oben sich vollzieht und dann statt eines dickwandigen Baststranges der Rinde deren zwei einander genäherte vorhanden sind, wie dies bei unserer Keimpflanze der Fall war.

7. Die seitlich gestellten in den scharfen Stengelkanten verlaufenden isolirten Fibrovasalstränge der Rinde GB^1 , GB^1 repräsentiren sich im zweiten Internodium als äussere Lateralstränge des zweiten Nebenblattes über den Cotyledonen. Sie biegen am obern Ende des zweiten Internodiums gegen das dort inserirte Nebenblatt aus und gehen in die Seitenlappen des letztern, allerdings durch anastomosirende Gefässe mit den übrigen Spursträngen des Nebenblattes verbunden. An ihre Stelle treten die äusseren Lateralstränge GB^2 , GB^2 , welche vom dritten Nebenblatt über den Cotyledonen an abwärts steigend, das ganze dritte Internodium durchsetzen. (Vergl. *Taf. I. Fig. 4*, GB^2 , GB^2 und *Taf. V. Fig. 15*.)

V. Die primordialen Fibrovasalstränge in den höhern Internodien der Hauptaxe.

Bei unserer in *Fig. 1. A* dargestellten Keimpflanze zeigte das dritte Internodium ganz ähnliche Verhältnisse, wie das zweite und erste, indem das Mark noch fehlte. (*Fig. 15. Taf. V.*) Dagegen stellte sich im Querschnitt des vierten Internodiums bereits ein kleiner Markkörper ein, indem die Gefässbildung von den Brennpunkten der Procambium-Ellipse aus nur noch centrifugal in der Richtung der Hauptaxe der Ellipse erfolgte, eine centripetale Gefässbildung an der Stelle des Markes aber unterblieb. Die in den Brennpunkten der Ellipse stehenden primären Vasalbündel m^3 und 4^4 (*Fig. 3. Taf. I*) sind selbstredend die Medianstränge der auf den betreffenden Stengelseiten abgehenden Blätter.

Dagegen entfernen sich auf dem Querschnitt des vierten Internodiums die Lateralstränge $l^3 l^3$ und $l^4 l^4$ von den entsprechenden Mediansträngen und zwar derart, dass sie seitlich von der Ellipsenhauptaxe je zu zwei, also l^3 und l^4 einerseits und $l^3 l^4$ anderseits, dicht zusammenliegen und so zwei seitliche grosse vereintläufige Vasalstränge darstellen, die mit den zwei opponirten Mediansträngen alterniren. Zwischen sämtlichen Vasalsträngen liegt das hier zum ersten Mal angetroffene Stengelmark,

Diese Gruppierung der Vasalstränge und das Auftreten des ersten Markes im Stengel von *Vicia sativa* kann jedoch oft schon im dritten Internodium wahrgenommen werden. Wenigstens haben wir dies an mehreren Keimpflanzen beobachtet

Nie aber findet sich Mark im ersten und zweiten Internodium über den Cotyledonen.

Immer ist in den untersten Stengelinternodien die erste Vasal-entwicklung eine centripetal-centrifugale.

Was hiernach über den Fibrovasalverlauf in den höhern Stengelinternodien noch zu sagen ist, lässt sich kurz so zusammenfassen:

1. Der centrale Fibrovasalcylinder zerfällt in den obern Internodien der Hauptaxe in sechs primordiale Fibrovasalbündel, von denen in dem viereckigen Querschnitt des prismatischen Stengels die zwei innern Medianstränge der nächst höheren auf einander folgenden Blätter in der einen Diagonale des Querschnittes liegen. Diese eine Diagonale entspricht der Hauptaxe der früher besprochenen Procambium-Ellipse. Die anderen vier primordialen Vasalstränge liegen in der andern Diagonale des Querschnittes und zwar in den tiefern Internodien je zwei vereint einen einzigen grossen Doppelstrang darstellend. Diese beiden seitlich liegenden vereintläufigen Fibrovasalstränge bestehen aus den Elementen der 2×2 inneren lateralen Fibrovasalstränge, welche in die nächstfolgenden höher stehenden Blätter übertreten. (*Taf. V. Fig. 16*). In den obersten Internodien der Hauptaxe treten die vereintläufigen lateralen Fibrovasalstränge nicht so nahe zusammen, wie z. B. in *Fig. 16*, sondern bleiben beiderseits getrennt, so dass auf dem Querschnitt im Centrum rings um das Mark gleich auf den ersten Blick sechs vollständig isolirte primordiale Fibrovasalstränge zu erkennen sind, ähnlich, wie wir dies auf dem Querschnitt durch das erste Internodium des untersten Zweiges in *Taf. IV. Fig. 13* dargestellt sehen, wo ms , ms^1 die medianen Vasalstränge, ls , ls und ls^1 , ls^1 die lateralen Vasalstränge sind, die in die nächsten Blätter des Zweiges abbiegen.

Ueberhaupt bietet *Fig. 13* das typische Bild des Querschnittes aus den obersten 4—6 Internodien der Hauptaxe.

2. Die über den innern medianen Fibrovasalsträngen liegenden unter den innersten grünen Rindenparenchymschichten verlaufenden dickwandigen Rindenbaststränge, welche die Enden der grossen Diagonale einnehmen, gehen als äussere dickwandige Baststränge in die nächst höher stehenden gleichseitig situirten Blätter ab, ähnlich wie wir dies für die untern Internodien oben besprochen haben.

3. Die an den Enden der kleinen Diagonale, radial ausserhalb der innern Lateralstränge liegenden Fibrovasalstränge der Rinde verlaufen von einem Internodium

zum nächst höhern dicht unter den äussersten Rindenparenchymschichten und biegen, der eine, wie der andere, in das nächst folgende Blatt, respective in die Nebenblättchen des nächst folgenden Laubblattes aus.

Für alle diese Elemente gilt die Regel, dass jedesmal — von Unten nach Oben fortschreitend — beim Abgang von Fibrovasalmassen und dickwandigen Rindenbaststrängen in ein nächstes Blatt dort die entsprechenden Elemente aus dem darauf folgenden Internodium sich ansetzen und also gleich in die Lücke treten, so dass der Querschnitt durch irgend ein höheres Internodium der Hauptaxe überall derselbe bleibt.

Wir können somit kurz zusammenfassend sagen: von Unten bis in's oberste Internodium verlaufen in dem vierkantigen hypercotylen Stengel im Centrum sechs primordiale Fibrovasalstränge, welche aus halb so vielen gleichartigen Stücken zusammengesetzt sind, als Stengelinternodien vorhanden. (*Vergl. Taf. I. Fig. 3.*)

Weiter: in den vier Kanten des ganzen Stengels verlaufen zwei dickwandige opponirte Rindenbaststränge vom untersten Internodium bis zum obersten; diese Stränge bestehen ebenfalls aus halb so vielen Fragmenten, als Internodien vorhanden sind, weil jeder Strang ununterbrochen durch je zwei ganze Internodien verläuft, ganz wie dies bei den centralen Vasalbündeln der Fall ist. (*Taf. I. Fig. 4.*). Da jeder dickwandige Rindenbaststrang am Stengel gleich situirt ist, wie die in zwei Reihen übereinanderstehenden Blätter, so ist selbstverständlich, dass die zwei verticalen Blattreihen jederseits an einer und derselben scharfen, nur bei den Knoten unterbrochenen Stengelkante liegen.

Dagegen entsprechen die Fibrovasalstränge der Rinde in allen Internodien den Seitenlappen der Nebenblättchen, welche letztere bei den untern Internodien halbstengelumfassend und einzeln auftretend, am obern Stengeltheil eigentlich zwei doppelte verticale Nebenblattreihen bilden, da an der Basis eines jeden wirklichen Laubblattes rechts und links je ein wohlentwickeltes Nebenblättchen inserirt ist.

Diese äusseren lateralen Blattspuren in der Rinde könnten wir passend auch laterale Nebenblattstränge nennen. Sie bilden, wie bemerkt, im ganzen Stengel scheinbar ein ununterbrochenes Ganzes und verlaufen durch die ganze hypercotyle Axe an denselben zwei opponirten Stengelkanten. Sie bestehen aber in Wirklichkeit aus eben so vielen Fragmenten, als Internodien vorhanden sind. (*Vergl. Taf. I. Fig. 4., GB, GB¹, GB², GB³ und GB⁴.*)

VI. Der Verlauf der primordialen Baststränge des centralen Fibrovasalkörpers von den Cotyledonen an bis in die obersten Internodien.

Wir haben bisher absichtlich die Bastelemente des centralen Fibrovasalkörpers der Hauptaxe über den Cotyledonen unberücksichtigt gelassen. Wir holen das Versäumte hier nach, zum Vornherein bemerkend, dass darüber wenig Auffallendes mitzutheilen ist. Wie fast selbstverständlich anzunehmen war, gehört zu jedem der primordialen Vasalstränge des centralen Gefässkörpers im Stengel über den Cotyledonen auch eine Partie Phloëmgewebe. In der That finden wir, dass centrifugal ausserhalb der primordialen Gefässstränge im Querschnitt des Stengels auch ein Bastkörper liegt, der durch eine dünne Cambiumschicht von den primordialen Xylemsträngen getrennt ist. Schon in *Fig. 2. Taf. III* finden wir im Querschnitt des ganz jungen ersten Internodiums über den Cotyledonen entsprechend den sechs Vasalsträngen auch 6 Gruppen zarter Bastelemente, die aus ganz analogen Geweben bestehen, wie in der Wurzel. In jugendlichem Stadium sind diese sechs Gruppen primordialer Phloëmpartien zartwandig. Bald aber verdicken sich die Wände einer Zellgruppe derart, dass sie in Kurzem den dickwandigen Baststrängen der Wurzel gleichen. Diese dickwandigen Baststränge des centralen Fibrovasalkörpers erscheinen auch im Stengel über den Cotyledonen stark lichtbrechend; die Membranen verdicken sich enorm, werden geschichtet und zeigen bei starker Vergrösserung alsbald die feinen Porenkanäle, vom Lumen der einen Zelle hinüber zu den Lumina der benachbarten Zellen reichend. Diese dickwandigen primären Baststränge sind peripherisch gelegen; innerhalb derselben, zwischen ihnen und dem eigentlichen Cambium liegen, einige Zellschichten mächtig, die zartwandigen Elemente des Weichbastes, wie wir sie schon in der Wurzel gesehen haben.

Der Verlauf der primordialen Baststränge des centralen Fibrovasalkörpers ist im Stengel über den Cotyledonen im Wesentlichen derselbe, wie der Verlauf der zugehörigen Primordial-Vasalstränge, so dass wir es für überflüssig erachten, hier auch ein Bild dieses Baststrangsystems zu entwerfen, welches in der Projection auf den abgewickelt gedachten Fibrovasalcylinder ganz zusammenfällt mit dem in *Taf. I. Fig. 3.* dargestellten primordialen Vasalstrangverlauf der Keimpflanze.

VII. Die primordialen Fibrovasalstränge in den Seitenaxen.

Obschon dieses Thema eigentlich abseits von unserer Aufgabe liegt, so konnten wir uns doch nicht versagen, einige Blicke in die anatomischen Verhältnisse der secundären Axen zu werfen. Gleich der erste Querschnitt durch das unterste Internodium jenes Zweiges, welcher in der Axel des untersten Blattes (respective Nebenblattes) von der Hauptaxe über den Cotyledonen abgeht, lehrt uns, dass die Anatomie der Zweige bei *Vicia sativa* im Wesentlichen dieselben Verhältnisse aufweist, wie in den obern Internodien der Hauptaxe. Im Centrum findet sich ein ziemlich mächtiger Markkörper, der sich durch die ganze secundäre Axe hinaufzieht und bei dem spätern Dickenwachsthum, in der Mitte zerreisend, alsbald einen centralen Hohlraum umschliesst. Rings um das Mark findet sich der Fibrovasalring, in der ersten Zeit allerdings erst aus 6—8 isolirten, in einen Kreis angeordneten Fibrovasalbündeln bestehend. Letztere hinwieder erweisen sich im weitem Verlauf als reine Median- und Lateralstränge der Blattspuren. (Vergl. Taf. IV. Fig. 13. *ms* und *ms*¹, *ls*, *ls* und *ls*¹, *ls*¹). Die Zweige sind, wie die Hauptaxe, vierkantig. Die vier Ecken des Querschnittes werden hinwieder occupirt von den opponirten dickwandigen Rindenbaststrängen und den mit diesen alternirenden in der Parenchymrinde verlaufenden lateralen Fibrovasalsträngen der Nebenblattspuren. Die primäre Rinde besteht aus demselben Parenchym, wie in der Hauptaxe über den Cotyledonen. Dagegen unterscheidet sich die Epidermis der secundären Axen von derjenigen des Hauptstengels dadurch, dass sie zahlreiche Haare bildet. (Taf. IV. Fig. 13.)

Selbstverständlich legen sich die Fibrovasalelemente der Seitenaxen im Niveau jenes Nebenblattes der Hauptaxe, wo der Zweig abgeht, an die entsprechenden Elemente des hypercotylen Stengels, wie wir das in Taf. I. Fig. 2, am obern Ende des ersten Internodiums dargestellt haben.

Das dort gegebene Liniensystem gibt ein sprechenderes Bild, als die beste wörtliche Darstellung. Wir verzichten daher auf die letztere und besprechen nun im Folgenden, zu unserer speciellen Aufgabe zurückkehrend:

VIII. Das secundäre Dickenwachsthum in der Hauptwurzel.

Van Tieghem hat in seiner Arbeit ¹⁾ mit Recht ganz besonders hervorgehoben, dass die Entwicklungsgeschichte der Dicotyledonenwurzel in den ersten Stadien der

¹⁾ Van Tieghem. Recherches sur la Symétrie de structure des plantes vasculaires, I. fasc.

Gefäss- und Holzbildung wesentlich mit derjenigen der Monocotyledonenwurzel übereinstimmt, indem die Entwicklung der primordialen Vasalstränge bei allen Gefässpflanzen ohne Unterschied auf dem Querschnitt der Wurzel eine centripetale ist. Van Tieghem betrachtet die weitere Entwicklung der Dicotyledonenwurzel als einen über die normale Entwicklung der Monocotyledonenwurzel hinausgehenden Schritt progressiver Entwicklung. Er hat ganz richtig den Gegensatz zwischen beiderlei Wurzeln dadurch präcisirt, dass er der Dicotyledonenwurzel (mit Einschluss der Gymnospermen) eine zweite Entwicklungsperiode zuerkennt, welche der Monocotylenwurzel abgeht und unter dem Ausdruck „secundäres Dickenwachsthum“ zutreffend gekennzeichnet ist.

Allerdings treffen wir bei den Monocotyledonenwurzeln in der Regel einen Markkörper, der nur in ganz dünnen Wurzeln fehlt. In letzteren schreitet die centripetale Gefässbildung wie bei den meisten Dicotyledonenwurzeln in ihrem ersten Entwicklungsstadium vollständig bis zum Centrum des Querschnittes vor, während bei dicken Monocotyledonenwurzeln — ganz so, wie im Basaltheil der Hauptwurzel mancher Dicotylen — ein Markkörper das Centrum occupirt und die primordiale Gefässbildung dort ebenso, wie hier, nur bis zu gewissen Punkten auf der Peripherie eines Kreises gegen den centralen Markkörper vorschreitet. Bei allen Dicotylen macht sich in den Wurzeln eine weitergehende Differenzirung dadurch geltend, dass die Gefässbildung — im Centrum des Querschnittes angelangt — nun eine von der bisherigen Richtung abweichende einschlägt, indem zwischen den primordialen Vasalsträngen von Innen nach Aussen aufeinanderfolgend, grosse secundäre Gefässe in centrifugaler Richtung entstehen.

Speciell für das secundäre Dickenwachsthum der Wurzel von *Vicia sativa* ergibt sich Folgendes:

Ist die Entwicklung der primären Vasalstränge im Centrum des Querschnittes angelangt, so bildet — wie wir im zweiten Abschnitt gezeigt haben — der ganze Vasalkörper entweder einen dreistrahligem Stern oder aber — bei successiver tangentialer Zunahme der drei primären Vasalbündel während der centripetalen Entwicklung — schliesslich ein gleichschenkliges Dreieck. Denken wir uns die Richtung der drei centripetalen Gefässbündel auf dem Querschnitt durch drei im Centrum auf einanderstossende Linien graphisch dargestellt, so haben wir für die secundäre Entwicklung des Vasalkörpers zwischen jenen drei um 120° von einander abstehenden Sternstrahlen drei neue Linien einzuzeichnen, auf welchen drei secundären Sternstrahlen die Entwicklung des secundären Gefäss- und Holzkörpers im Centrum oder doch in unmittelbarer Nähe desselben beginnt und centrifugal nach Aussen schreitet. Die

secundäre Gefässbildung beginnt meist mit je einem grossen porösen Gefäss, das alsbald von kleinern Gefässen und Holzzellen umgeben wird (*Taf. II. Fig. 5.*). Als bald ist die secundäre Gefässbildung so weit nach Aussen vorgeschritten, dass der Gefäss- und Holzkörper im Querschnitt die Form eines Polygons, bei *Vicia sativa* speciell ein Sechseck bildet, an welchem drei Ecken von den allerersten Primordialgefässen, die andern drei mit jenen erstern alternirenden Ecken dagegen von den jüngsten secundären Gefässen eingenommen sind.

Nun müssen wir uns daran erinnern, dass über den drei primordialen Vasalsträngen nach Aussen Pericambium liegt, ferner, dass zwischen diesen drei Pericambiumstrahlen einer- und zwischen dem Bast- und dem Holzkörper andererseits drei isolirte ächte Cambiumstränge liegen, welche durch die secundäre Gefässbildung immer mehr nach Aussen vorrücken. Bis zu dem Punkte, wo die secundäre Gefässbildung zur Completirung eines annähernd gleichseitigen Polygons vorgeschritten ist, theilen sich die Pericambiumzellen über den drei primären Vasalbündeln **nicht**; erst jetzt treten Zelltheilungen auch dort ein, so dass mit einem Mal aus den drei eigentlichen Cambiumbündeln und den drei mit ihnen alternirenden Pericambiumsträngen ein geschlossener Fortbildungsring (Sanio's Verdickungsring), ein „Cambiumring“ schlechtweg entsteht.

Entsprechend den verschiedenen Elementen, aus denen dieser „Cambiumring“ aufgebaut ist, resultiren auch verschiedene Derivate des letztern, nämlich über den drei primären Vasalbündeln radial nach aussen Holzparenchym, das Dauergewebe der ersten „uneigentlichen“ Markstrahlen (— denn von eigentlichen Markstrahlen kann ja hier bei völliger Abwesenheit des Markes in der Wurzel keine Rede sein —) und zwischen diesen drei Parenchymstrahlen einerseits (dem ersten Gefäss- und Holzkörper anliegend) secundäre Gefäss- und Holzzellen (Xylem), andererseits an der Peripherie des Cambiums, dem primären Bast auf der Innerseite anliegend, die secundären Bastelemente. Diese letzteren bestehen zumeist aus Bastparenchym und wenigen eingestreuten langgestreckten eigentlichen Bastzellen, die aber sehr langsam verdicken.

Damit ist der weitere Wachstums-Modus bereits vollständig angegeben. Die Hauptwurzel wächst von da an ganz so, wie ein Dicotyledonenstengel, indem der Verdickungsring fortwährend neue Dauerzellen bildet, und zwar an seiner Innerseite ausschliesslich Holz- und Gefässmassen, an seiner Aussenseite dagegen Bastelemente.

Die Hauptwurzel nimmt mehr und mehr an Umfang zu. Dabei werden die primären Rinden-Parenchymzellen sammt der sie begrenzenden Epidermis und der Schutzscheide tangential ausgedehnt, bis diese Gewebe schliesslich zerreißen und —

wie anderswo bei Axenorganen von längere Zeit wachsenden Dicotyledonen — durch die ebenfalls tangential gedehnten Bastelemente, d. h. durch die secundäre Rinde ersetzt werden.

IX. Das secundäre Dickenwachsthum beim Uebergang von der Hauptwurzel in den Stengel.

Wir haben bereits in einem früheren Abschnitt gezeigt, dass sich der Uebergang von der Hauptwurzel in den Stengel nur als sehr kurze Partie der Keimaxe unterhalb der Cotyledonen repräsentirt und auf nur wenige Querschnitte concentrirt erscheint. Die primordiale Gefässbildung schreitet dort von drei peripherischen Punkten des Procambiumscylinders nach und nach auf die Tangente, nach Rechts und Links vor, indess die innern, um das Centrum des Querschnittes gelegenen Zellen als poröse Gefässe ihre Ausbildung erhalten. Die ersten Primordialgefässe sind beim Abgang in die Cotyledonen schief tangential = centrifugal angeordnet und lassen eine Spaltung des einzelnen Vasalstranges der Wurzel in zwei Cotyledonarstränge erkennen. Zwischen den zwei zusammengehörenden Cotyledonarsträngen liegt ursprünglich ein breiter Pericambiumstrang. Dem entsprechend sehen wir auf dem Querschnitt durch diese Stengelpartie drei mächtige breite Parenchymstrahlen (*Taf. II. Fig. 7.*), welche radial über den drei primordialen Gefässgruppen, respective über den zwei Cotyledonarstrangpaaren und dem dritten nicht in die Cotyledonen abgehenden Primordialstrang der Wurzel liegen.

Die Bildung eines geschlossenen Verdickungsringes und die Function des letztern vollzieht sich hier beim plötzlichen Uebergang von der Wurzel in den Stengel ganz so, wie wir's oben für die Hauptwurzel im weiteren Verlauf beschrieben haben.

Wir haben daher — wie bereits früher bemerkt — beim Uebergang von der Hauptwurzel in den Stengel, soweit derselbe das secundäre Dickenwachsthum betrifft, keine auffallenden charakteristischen Erscheinungen zu beschreiben. Wohl aber ist zu bemerken, dass gleichzeitig, wie die Cotyledonen ihre Function als Reservestoffbehälter in Folge vollständiger Abgabe des Depôts, einstellen und sich von der erstarkten Pflanze ablösen, auch die primäre Rinde des Basaltheils der Hauptwurzel in Folge zu starker Dehnung in der Richtung der Tangenten zerreisst und da, wo die unterirdische Axe (Wurzel) in die oberirdische Axe (Stengel) übergeht, frühzeitig ein rasches Absterben der Rindenparenchym- und epidermalen Zellen sich geltend macht.

Die Uebergangsstelle von der Hauptwurzel in die oberirdische Axe, den Stengel,

ist die am stärksten entwickelte und am frühesten verholzende Partie der ganzen Axe. Dort stossen wir auch zuerst auf zerstreute, isolirte secundäre dickwandige Bastzellen, die sich einerseits abwärts in den secundären Bastkörper der Hauptwurzel, andererseits aufwärts in denjenigen des Stengels über den Cotyledonen fortsetzen.

X. Das secundäre Dickenwachsthum der Hauptaxe (des Stengels) über den Cotyledonen.

Der Pericambiumcylinder des ersten, zweiten und dritten Stengel-Internodiums über den Cotyledonen ist auf dem Querschnitt elliptisch, wie *Taf. III. Fig. 11* zeigt. Es wurde schon oben ganz besonders hervorgehoben, dass in diesen untersten Stengelinternodien die Entwicklung der primordialen Gefässstränge eine centripetal-centrifugale genannt werden müsse. Von den 2×3 primordialen Vasalsträngen des Querschnittes besitzt jeder Vasalstrang seinen speciell ihm angehörenden Baststrang, der im jugendlichen Zustand als grauliche, trübe Gewebepartie erscheint und radial ausserhalb der in der weitem Folge nur centrifugal wachsenden Vasalstränge liegt. Hat die centripetal-centrifugale Gefäss- und Holzbildung jenes Stadium erreicht, wo der ganze Xylemkörper ein etwas langgestrecktes Sechseck (*Fig. 9.*) darstellt, so gibt sich auch ein geschlossener Cambiumring zu erkennen, an dessen innerer Seite die zwei Medianstränge auf der grossen Ellipsenaxe und die 2×2 Lateralstränge seitlich davon (parallel zur kleinen Axe) mit ihren letzten in centrifugaler Folge entstandenen secundären Gefässe liegen. Ausserhalb des Cambiumringes findet sich der Phloëmkörper, bestehend aus vier dickwandigen Baststrängen, von denen zwei, auf der grossen Ellipsenaxe liegend, zu den medianen Vasalsträngen gehören, indess die zwei andern, auf der kleinen Ellipsenaxe liegend, den dickwandigen Bast der 2×2 lateralen Vasalstränge repräsentiren. Die zwei auf derselben Seite der grossen Ellipsenaxe liegenden dickwandigen Baststränge sind jedoch derart genähert, dass sie zusammen nur ein einziges dickwandiges Bastbündel darstellen (*Taf. III. Fig. 9., Taf. IV. Fig. 12* und *Taf. V. Fig. 15* und *16*). Erst in den höher gelegenen Internodien, wo auch die ursprünglich zu einem einzigen Fibrovasalcylinder vereinigten sechs Vasalbündel aus einander treten und Mark zwischen sie hereintritt, trennen sich auch die zwei seitlich gelegenen, in den untern Internodien zu einem einzigen Bündel vereinigten dickwandigen Baststränge, so dass in höhern Internodien der Hauptaxe am centralen Fibrovasalkörper, entsprechend den zwei Mediansträngen

und den vier Lateralsträngen zusammen sechs dickwandige Bastbündel an der Peripherie des centralen Cylinders erscheinen.

Wie in der Wurzel, so bildet der geschlossene Cambiumring in den untern Stengelinternodien auf der Innenseite stets neue Gefäß- und Holzzellen, auf der Aussen-
seite stets — wenn auch bedeutend weniger — neue Bastelemente, wodurch die betreffenden Internodien beträchtlich an Dicke zunehmen.

Während indess in den untern Stengelinternodien die primäre Rinde allmähig absterbt und die Bastelemente an deren Stelle treten, erfolgt in den höher gelegenen Internodien keine weitere Entwicklung mehr.

Die dortselbst zerstreut liegenden Fibrovasalbündel bilden nur kurze Zeit Holz- und Gefäß- sowie Bastelemente, vermögen aber kaum zur Bildung eines alle sechs Fibrovasalbündel umfassenden Verdickungsringes vorzuschreiten. Die über dem zweiten Internodium liegenden Stengeltheile der Hauptaxe vermögen keine Verzweigungen zu bilden; ihre Blätter sind wie schon im ersten Abschnitt auseinandergesetzt wurde, nur mangelhaft entwickelt, sterben alsbald ab und signalisiren dadurch auch den Zerfall des ganzen Hauptstengels bis hinunter zu den Abgangsstellen der kräftig sich entwickelnden Zweige (Axen II. Ordnung). Dieser Theil des Stengels über den Cotyledonen hat daher in der Entwicklungsgeschichte nur eine ephemere Bedeutung, im Gegensatz zu den untersten zwei oder drei Stengelinternodien, welche rücksichtlich der anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse, sowie ihrer physiologischen Funktionen wegen von nicht genug zu schätzender Bedeutung sind.

XI. Das secundäre Dickenwachsthum der Zweige.

Wir können uns kurz fassen: Am secundären Dickenwachsthum nehmen — so wenig als in der Hauptaxe — die in der primären Rinde verlaufenden dickwandigen Baststränge und die lateralen Fibrovasalstränge, d. h. die Blattspuren der Nebenblätter, keinen Antheil. Dagegen vereinigt ein Verdickungsring alsbald sämtliche ursprünglich getrennte primäre Fibrovasalbündel zu einem geschlossenen, fortbildungsfähigen Fibrovasalring, der einerseits vom hohlen Markeylinder, andererseits von der primären Parenchymrinde begrenzt wird und während der ganzen Lebenszeit der Pflanze, also eine ganze Vegetationsperiode, an Dicke zunimmt.

Da die Zweige, zu zwei bis drei von dem untern Theil der Hauptaxe abgehend, sich gegenüber der letztern enorm entwickeln, so wird der absterbende oder degenerirte obere Theil der Hauptaxe seitlich gedrückt und erscheint nun gleichsam als

verkümmelter Zweig des am stärksten entwickelten Zweiges selbst. An der fructificirenden Pflanze selbst wird man daher nicht mehr im Stande sein, die anatomischen Verhältnisse zwischen Stengel und Hauptwurzel richtig zu enträthseln. Auch hier, wie überall in der neueren Biologie führt das Studium der Entwicklungsgeschichte allein zu sichern und unumstösslichen Resultaten. —

Nach der einlässlichen Behandlung von *Vicia sativa* theilen wir in summarischer Kürze noch die Resultate unserer Untersuchungen an einigen anderen Keimpflanzen mit, wobei wir bemerken müssen, dass wir als Hauptaufgabe betrachteten, den primordialen Fibrovasalstrangverlauf im hypocotylen Stengel und in der Pfahlwurzel zu erforschen.

Asperula taurina.

Die Keimpflanze von *Asperula taurina* besass in dem Stadium, da wir sie untersuchten, einen wohl entwickelten hypocotylen Stengel von mehreren Centimetern Länge. Er ist stielrund, während der Stengel über den Cotyledonen vierkantig. Am obern Ende des hypocotylen Stengels sind die zwei opponirten kurz gestielten Cotyledonen inserirt. Letztere sind länglich eirund, von einem verzweigten Mittelnerv durchzogen, am vordern Ende leicht ausgerandet, grün laubblattartig. Das erste Internodium über den Cotyledonen wird 1—2, selten mehrere Centimeter lang. Es trägt vier in's Kreuz gestellte Primordialblätter, die den andern höhern Laubblättern im Wesentlichen ähnlich sehen. Zwei derselben stehen senkrecht über den Cotyledonen, die zwei anderen dagegen alterniren mit den ersten zwei, folglich auch mit den Cotyledonen.

In der hübsch roth gefärbten Hauptwurzel erkennen wir gleich zwei centripetal entwickelte primordiale Vasalstränge, deren letztentstandene jüngste Gefässe bis zum Centrum des Querschnittes reichen. Es fehlt also das Mark. Der Fibrovasalcylinder erscheint im Querschnitt vollständig kreisrund. Den grössten Theil der Peripherie nehmen — alternirend mit den primordialen Vasalsträngen — die zwei langgestreckten Bastlamellen ein.

Der Uebergang in den hypocotylen Stengel vollzieht sich allmählich derart, dass die Gefässe der Primordialstränge vom Radius auf die Tangente sich ausbreiten. Zwischen die sich nach und nach auf die ganze Peripherie eines und desselben Kreises

sich ausbreitenden Gefäße tritt die Fortsetzung des centralen Stengelmarkes in Form eines nach Unten in die Hauptwurzel hineinragenden Kegels, dessen Basis auf dem Markcylinder des hypocotylen Stengels ruht. Weiter aufwärts sind die primordialen Gefäße bereits in 2×2 einander genäherte tangential Gefäßstränge geschieden. Etwas höher im hypocotylen Stengel sind diese letzteren centrifugal entwickelt und auch die zwei zwischen den primordialen Vasalsträngen der Hauptwurzel liegenden Bastlamellen in vier Stränge getheilt, so dass jedem centrifugal entwickelten Vasalstrang des hypocotylen Stengels je ein Baststrang zukommt. Zwischen den zwei den Wurzelsträngen entsprechenden Vasalstrangpaaren des hypocotylen Stengels treten aus dem ersten Stengel-Internodium über den Cotyledonen kommend, die Blattspuren der Primordialblätter.

Beim Abgang der Cotyledonen tritt je ein Paar der bereits erwähnten Vasalstränge des hypocotylen Stengels in den einen und in den andern Samenlappen. Der ganze hypocotyle Stengel enthält demnach nur zwei Paare von Cotyledonarsträngen, von denen das eine Paar der einen Querschnittshälfte, das andere Paar der anderen Querschnittshälfte zukommt. Jedes Strangpaar repräsentirt eine ganze Cotyledonarspur und vereinigt sich abwärts beim Uebergang des Stengels in die Hauptwurzel zu einem centripetalen Vasalstrang der Wurzel.

Wir geben in *Taf. VI. Fig. 1.* das sehr einfache Schema für diesen Vasalstrangverlauf und unterlassen, auf die weiteren anatomischen Verhältnisse beim Uebergang des Stengels in die Wurzel einzutreten.

Capsicum annuum.

(Paprica.)

Die in *Taf. VI. Fig. 2* dargestellte sehr junge Keimpflanze von *Paprica* zeigt, wie aus *Fig. 3. Taf. VI* hervorgeht, ganz ähnliche Verhältnisse beim Verlauf der primordialen Vasalstränge im hypocotylen Stengel und in der Hauptwurzel, wie *Asperula taurina*. Auch hier bleiben die zwei Stränge jeder Cotyledonarspur durch den ganzen hypocotylen Stengel einander genähert. Jeder Cotyledon sendet also abwärts in die Hauptwurzel ein Strangpaar, das beim Uebergang in die Hauptwurzel sich zu

einem centripetalen Vasalstrang der letzteren vereinigt. Ebenso wie bei *Asperula taurina* reichen — aus höhern Regionen kommend — keine Blattspuren in die Hauptwurzel.

Ulmus.

Eine hübsch entwickelte, bereits mit zwei vollständig ausgebildeten Primordialblättern ausgestattete Keimpflanze, die wir im botanischen Garten in Zürich am 10. Mai 1876 antrafen und sogleich auf den Vasalstrangverlauf im hypocotylen Stengel und in der Hauptwurzel untersuchten, zeigt in letzterer Beziehung ganz analoge Verhältnisse, wie *Asperula taurina*. Das Schema in *Taf. VI. Fig. 1.* kann also auch für diese Keimpflanze, die wir für eine junge *Ulme* halten, gelten. Leider sind uns aus der Reihe von fünfzehn mikroskopischen Präparaten über diesen Keimling etliche zu Grunde gegangen, so dass wir auf die Darstellung der Wechselbeziehung zwischen Bast- und Gefässkörper, welche hier sehr hübsch entwickelt sind, verzichten müssen.

Da wir die ganze Reihe der hier noch zur Sprache kommenden Keimpflanzen erst als **vorläufig** untersucht betrachten, so behalten wir uns vor, in einer spätern Arbeit auch auf die Ulmenkeimlinge zurückzukommen. An dieser Stelle mag es nicht ohne Werth sein, zu constatiren, dass auch bei dem Keimling eines Baumes ganz dieselben Vasalstrangsysteme vorherrschen, wie bei den oben beschriebenen zwei krautigen Pflanzen.

Crataegus Oxyacantha.

Die am 29. Mai 1876 aus dem botanischen Garten in Zürich entnommene in *Taf. VI. Fig. 4.* dargestellte Keimpflanze von *Crataegus Oxyacantha* ergibt für den primordialen Vasalverlauf im hypocotylen Stengel und in der Pfahlwurzel das in *Taf. VI. Fig. 5.* dargestellte Schema.

Auch hier, wie bei *Asperula*, *Capsicum* und *Ulmus*, entsendet jeder Cotyledon zwei einander genähert bleibende centrifugal entwickelte Vasalstränge in den hypocotylen Stengel. Beim Uebergang in die Hauptwurzel nähern sich die zwei Stränge einer jeden Cotyledonarspur mehr und mehr, wobei die Anordnung der Gefässe eine tangentielle wird. Endlich treten die engsten Gefässe nach Aussen, die Vereinigung vollzieht sich vollständig: aus den zwei Cotyledonarspuren entstehen beim Uebergang in die Hauptwurzel zwei centripetal entwickelte primordiale Vasalstränge, deren Entwicklung, an zwei opponirten peripherischen Punkten des ursprünglichen Procambiumcylinders beginnend, derart verläuft, dass die sämtlichen Primordialgefässe beider Stränge zusammen eine einzige Reihe von Gefässen bilden, die quer über den Centralcylinder weglaufen.

Kein einziger Vasalstrang der opponirten Primordialblätter steigt bis in die Wurzel hernieder, ein Verhältniss, das sich bisher bei allen von uns untersuchten Dicotyledonen mit zwei Primordialsträngen in der Wurzel geltend macht. Wohl aber treten im obern Theil des hypocotylen Stengels bei *Crataegus* sowohl als auch bei *Asperula taurina* die Blattspurstränge der höhern Internodien zwischen die Cotyledonarspuren hinein, um abwärts gegen die Wurzel hin blind zu endigen.

Prunus domestica.

Eine kräftig entwickelte Keimpflanze mit starker Hauptwurzel, schwächlichen Nebenwurzeln, einem dicken ca. drei Centimeter langen hypocotylen Stengel, zwei langgestreckten herzförmigen, dicken fleischigen opponirten Cotyledonen, zwei am obern Ende des ersten ca. $1\frac{1}{2}$ Centimeter langen Internodium stehenden Primordialblättern, deren Rand gezähnt, und etlichen an wenig entwickelten kurzen dünnen, aber schon stark verholzten Internodien stehenden alternirenden Laubblättern und einer Endknospe, lässt uns schliessen, dass wir es mit einer jungen Pflanze aus der Gattung *Prunus* (wahrscheinlich *Prunus domestica*) zu thun haben. Diese Keimpflanze wurde ebenfalls im botanischen Garten entdeckt und auf die anatomischen Verhältnisse in Stengel und Hauptwurzel untersucht.

Die Hauptwurzel zeigt im Querschnitt vier centripetal entwickelte, in ein rechtwinkliges Kreuz gestellte primordiale Gefässbündel, die im jüngern Theil der

Wurzel bis zum Centrum des Querschnittes vordringen. Gegen die Basis des hypocotylen Stengels hin spaltet sich jeder primordiale Vasalstrang der Wurzel in zwei vom Radius abweichende Gefässreihen, die gegen die Peripherie des ursprünglichen Procambiumcylinders einen spitzen, weiter hinauf einen rechten Winkel bilden. Beim Uebergang der Hauptwurzel in den hypocotylen Stengel bilden die Schenkel aller vier Gefässwinkel ein ziemlich genaues Quadrat, an dessen vier Ecken die allerersten Primordialgefässe liegen, während die Mitte einer jeden Quadratseite die zuletzt entstandenen Gefässe enthält. Die Gefässbildung ist daher beim Uebergang in den Stengel, am Basaltheil der Hauptwurzel nicht mehr eine centripetale, sondern eine tangentiale. Auf die Länge von ca. 1 Centimeter, da wo die hypocotyle Axe am dicksten erscheint und sich daher als Uebergang des Stengels in die Wurzel darstellt, bleibt die quadratische Anordnung der primordialen Gefässstränge ziemlich gleich. Allein entsprechend dem von Unten nach Oben zunehmenden Durchmesser der Axe wird auch der centrale Markkörper immer mächtiger. Im hypocotylen Stengel findet sich ein solider Markparenchymcylinder, beim Uebergang in die Wurzel verjüngt sich derselbe in einen spitzen Kegel, dessen Scheitel ziemlich tief in die Hauptwurzel greift, dessen Basis dagegen auf dem Markcylinder des Stengels ruht. Wir haben hier ganz identische Verhältnisse, wie bei den von Dodel beschriebenen und gezeichneten *Phaseolusarten*.¹⁾

Noch frappanter gestalten sich die anatomischen Verhältnisse bei *Prunus* im hypocotylen Stengel selbst. Hier haben wir im Wesentlichen ganz dieselben Erscheinungen, wie nach Dodel bei *Phaseolus vulgaris* und *Phaseolus erectus* β *nanus*. In der Basis des hypocotylen Stengels theilen sich die vier primordialen Vasalstränge der Hauptwurzel in 4×2 erst tangentiale, dann in der Nähe der Cotyledonen centrifugale Cotyledonarstränge, wobei, von Unten nach Oben fortschreitend, die zu einem und demselben Paar gehörigen Stränge mehr und mehr sich von einander entfernen, bis sie schliesslich — dicht unter den Cotyledonen — auf der ganzen innern Peripherie des Fibrovasalcylinders gleichmässig vertheilt, also gleich weit von einander entfernt erscheinen. Von der Basis der Wurzel an bis in die Mitte des hypocotylen Stengels nimmt das Vasal-Quadrat auch mehr und mehr abweichende Gestalt an. Erst erscheint es stumpfeckig, dann biegen sich die vier Seiten des Quadrates nach Aussen und bald hernach ist der Querschnitt des Fibrovasalkörpers kreisrund.

In der Höhe der Cotyledonen treten die 4×2 primordialen Fibrovasalstränge

¹⁾ Dodel. Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahlwurzel. Jahrb. f. w. Bot. Bd. VIII.

des hypocotylen Stengels aus dem kreisförmigen Querschnitt des geschlossenen Fibrovasalcyinders heraus und begeben sich in die Cotyledonen. *Taf. VI. Fig. 6.* zeigt uns das Schema des Vasalstrangverlaufes der Hauptwurzel und des hypocotylen Stengels in dem besprochenen Keimling. Jeder Cotyledon erhält vier Primordialstränge, zwei mediane *m m* und zwei laterale *l l*. Verfolgen wir den Verlauf der Medianstränge von den Cotyledonen an abwärts, so ergibt sich, dass je zwei Medianstränge zusammentreten und beim Uebergang in die Hauptwurzel sich zu einem Wurzelstrang vereinigen. Ebenso treten je zwei benachbarte Lateralstränge zusammen und bilden je einen Wurzelstrang. Die eine Hälfte eines Lateralstrangpaares correspondirt also mit dem einen Cotyledon, während die andere Hälfte desselben Strangpaares in den andern Cotyledon mündet. Ganz dieselben Verhältnisse hat Dodel einlässlich bei seiner Untersuchung an *Phaseolus* constatirt.

In den obern Theil des hypocotylen Stengels münden bei *Prunus* auch die das erste Internodium über den Cotyledonen durchziehenden Blattspuren der Primordialblätter, indem sie zwischen die Cotyledonarspuren hineintreten und an der Bildung des geschlossenen Gefäss- und Holzringes der hypocotylen Axe auf einer grössern oder kleinern Strecke mithelfen, abwärts blind endigend, ohne sich irgend an einen Cotyledonarstrang anzulehnen. (*Taf. VI. Fig. 6. p p p.*) Hierin weicht *Prunus* von *Phaseolus* ab, indem bei letzterer Gattung die eigentlichen Laubblattspuren am untern Ende des ersten Internodiums sich plötzlich an die dort aus den Cotyledonen in den Stengel gehenden primordiales Vasalstränge des hypocotylen Stengels anlehnen. (*Vergl. in unserer Taf. VI. Fig. 6. mit Taf. XI. und XII. in den Jahrb. für wissenschaftl. Botanik. Bd. VIII., wo Dodel die Schemata für verschiedene Phaseolus-Keimpflanzen darstellte.*)

Entsprechend dem Vasalstrangverlauf gestaltet sich das Verhalten des primären dickwandigen Bastes, der bei *Prunus*, wie bei *Phaseolus* in der Hauptwurzel vier Bündel darstellt, die mit den primordiales Gefässsträngen alterniren. Beim Uebergang in den Stengel theilt sich jedes dickwandige Bastbündel der Wurzel in je zwei dickwandige Bastbündel des hypocotylen Stengels, so dass in diesem letzteren auf jedem Querschnitt mindestens acht dickwandige Bastbündel gezählt werden können, welche sämtlich centrifugal ausserhalb der ihnen entsprechenden primordiales Gefässstränge liegen. Im obern Theil des hypocotylen Stengels sind dagegen bei *Prunus* mehr als acht dickwandige Baststränge vorhanden; die Ueberzahl richtet sich nach der Zahl der aus dem ersten Internodium in das hypocotyle Stengelglied greifenden Spürstränge der eigentlichen Laubblätter.

Darin weicht *Prunus* von *Phaseolus* mehr oder weniger ab, indem bei letzterer

Gattung die dickwandigen Bastlamellen des hypocotylen Stengels in vier langen Bogen fast die ganze Peripherie des Fibrovasalcyinders einnehmen.

Mark, primäre Rinde, Epidermis, Schutzscheide, Weichbast und Gerbstoffgefäße im Bastkörper, sowie das Pericambium der Wurzel, auch das secundäre Dickenwachsthum durch die Funktion des Cambiumringes verhalten sich bei *Prunus* ganz ähnlich, wie es Dodel bei *Phaseolus* im Detail besprochen hat. Alle diese Aehnlichkeiten sind um so frappanter, als die beiden Gattungen von Dicotyledonen durchaus ganz verschiedenen Familien angehören.

Um nicht schon von Dodel Gesagtes wiederholen zu müssen, verweisen wir auf dessen mehrerwähnte Arbeit.

Acer platanoides.

Unter allen Keimpflanzen des Frühjahres zeichnen sich diejenigen von *Acer platanoides* und *Acer Pseudo-Platanus* durch die schönste Entfaltung der Cotyledonen und der Primordialblätter, sowie durch die kräftige und rasche Entwicklung des langen hypocotylen Stengels und der Hauptwurzel aus. Bei einem Gang durch den botanischen Garten in Zürich kann man im Frühjahr in allen Theilen des ganzen Complexes, namentlich im Schatten der Baum- und Strauchgruppen eine Anzahl prächtig sich entfaltender Ahorn-Keimpflanzen bemerken. Die Untersuchung dieser Keimpflanzen von Bäumen mit der den Ahorn-Arten kräftigen Entwicklung lag uns daher sehr nahe. Einige Hundert mikroskopischen Schnitte durch alle Theile der unter- und oberirdischen Keimaxe zeigt uns ganz analoge Verhältnisse, wie bei der oben besprochenen Pflanze, *Prunus*, und wie bei *Phaseolus*. In der Wurzel finden wir in ziemlicher Entfernung vom Basaltheil des Stengels noch einen kräftigen Markeylinder. Erst mehrere Centimeter unterhalb des Ueberganges vom hypocotylen Stengel in die Pfahlwurzel verliert sich der lang ausgezogene Markkegel, welcher mit seiner Basis auf dem centralen Cylinder des hypocotylen Stengels ruht.

Da, wo die Hauptwurzel von *Acer* kein Mark mehr enthält, stehen die vier primordialen Vasalstränge wie bei der Wurzel von *Phaseolus* und *Prunus* in ein rechtwinkliges Kreuz gestellt. Die allmälige Theilung und entsprechende Drehung der vier primordialen Vasalbündel in 4×2 Gefäßestränge des hypocotylen Stengels vollzieht

sich bei *Acer* ganz gleich, wie bei *Prunus* (oben angegeben). Im hypocotylen Stengel finden wir einen beträchtlichen Markeylinder, an dessen Pheripherie sehr leicht die acht centrifugalen Gefässgruppen erkannt werden, die am obern Theil dieses Stengelylinders sämmtlich in die Cotyledonen abgehen.

Auffallend ist der Umstand, dass die zwei Medianstränge der Cotyledonarspuren beim Abgang in die Cotyledonen einander nicht genähert sind, sondern weit von einander abstehen, so dass sie sich schon unterhalb der Cotyledonen im hypocotylen Stengel auf eine beträchtliche Strecke an die Lateralstränge anlehnen, wodurch das Schema des Gefässstrangverlaufes ein ganz fremdartiges Aussehen erhält. Bei genauerer Betrachtung ergiebt sich jedoch, dass die Verhältnisse im Wesentlichen dieselben sind, wie bei *Phaseolus*, *Cucurbita Pepo*, *Impatiens parviflora*, *Ricinus communis* ¹⁾ und bei *Prunus*, mit andern Worten: zwei opponirte Wurzelstränge theilen sich in je zwei Medianstränge der opponirten Cotyledonen, während die zwei andern ebenfalls opponirten Wurzelstränge, mit den ersteren alternirend, sich in je zwei Lateralstränge theilen, von denen der eine in den einen Cotyledon, der andere in den andern Cotyledon abgeht. (Vergl. Taf. VI. Fig. 7.)

Aehnlich wie bei *Prunus* treten auch bei *Acer* die Blattspurstränge des Stengels über den Cotyledonen abwärts zwischen die Vasastränge des hypocotylen Stengels, ohne sich an die Cotyledonarspuren anzulehnen.

Die übrigen Elemente des Querschnittes aus verschiedenen Höhen der hypocotylen Axe, als: Epidermis, primäre Rinde, Schutzscheide, Pericambium, dickwandiger und Weichbast, Cambiumring, Holz- und Gefässring, sowie das Mark verhalten sich bei *Acer* ganz ähnlich, wie bei *Prunus*.

Die Schutzscheide ist bei beiden Pflanzen in der Wurzel und in der Uebergangsstelle zum Stengel sehr schön entwickelt. Sie färbt sich nach längerer Einwirkung von Kalilauge (in Glycerin liegend) sehr intensiv braunroth bis purpurn. Nach dem Abwerfen der primären Rinde tritt sie in verkorkten Zustand in die Funktion der schützenden Epidermis.

Bei den beiden besprochenen Keimpflanzen mit vier primordialen Wurzelsträngen finden sich in der Axel der Cotyledonen kleine, sich nicht entwickelnde Axelknospen. Von ihnen aus gehen einige parallele Gefässreihen abwärts zwischen den Mediansträngen der Cotyledonarspuren in den hypocotylen Stengel, wo sie sich aber nach kurzem Verlauf in den Elementen des Fibrovasalcyinders verlieren.

¹⁾ Dodel. Beide Abhandlungen über den Uebergang des Dicotyledonen-Stengels etc. I. und II. Theil.

Sambucus nigra.

Im Frühjahr kann man fast überall in Gebüsch, an Waldrändern und im Walde selbst eine weitverbreitete Keimpflanze mit zwei grossen zungenförmigen, grünen Cotyledonen antreffen, dessen hypocotyle Axe mehrere Centimeter lang ist und abwärts in eine kräftig entwickelte Hauptwurzel übergeht. Es dauert ziemlich lange — mehrere Wochen, bis zwei Monate — ehe man über den einfachen unregelmässig doppelt gezähnten opponirten Primordialblättern die charakteristisch gefiederten, ebenfalls opponirten normal entwickelten Laubblätter gewahr nimmt. Wir haben diese Keimpflanze nicht allein in Busch und Wald auf botanischen Excursionen, sondern auch in grosser Zahl im botanischen Garten angetroffen und — den verschiedensten Standorten entnommen — einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen, wobei eine Menge mikroskopischer Präparate hergestellt und sehr viele Querschnitte aus verschiedenen Höhen der Keimaxe gezeichnet wurden. Anfangs Juli 1876 suchten wir die Species dieser Keimpflanze zu bestimmen. Die dreizählig gefiederten Laubblätter über den Primordialblättern wiesen auf *Sambucus* hin. Der Conservator des botanischen Museums in Zürich, Herr Jäggi, bestätigte unter Uebernahme der vollen Verantwortlichkeit unsere Vermuthung und erklärte die betreffende Keimpflanze, welche über den zwei kleinen gefiederten ersten Laubblättern bereits die Endknospe der erstjährigen oberirdischen Axe bildete, als zu *Sambucus nigra* gehörig.

Diese Keimpflanze musste namentlich desshalb unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, weil in ihrer Hauptwurzel sechs Primordialstränge angetroffen werden.

Der das Basalstück der Hauptwurzel sehr vieler Dicotyledonen kennzeichnende Markkegel, welcher auf dem Markcylinder des hypocotylen Stengels ruht, reicht bei *Sambucus nigra* ziemlich weit abwärts in den jungen Wurzelkörper hinein. Wir treffen daher in der Hauptwurzel der erst wenige Centimeter langen hypocotylen Axe regelmässig einen beträchtlich grossen Markkörper. Rings um denselben erkennt man an der erst wenige Wochen alten Keimpflanze sehr leicht sechs primordiale Vasalstränge, deren Entwicklung sich ebenfalls als centripetal erweist. Gegen die Uebergangspartie der Hauptwurzel zum Stengel hin nehmen die Gefässe der sechs Primordialstränge tangentiale Anordnung an, indem die allerersten Gefässe mehr und mehr nach Innen vorrücken, indess die folgenden Vasalpartieen der Primordialstränge nach und nach zur tangential-centrifugalen Anordnung übergehen.

An der Basis des hypocotylen Stengels treten die Elemente eines jeden Wurzelstranges so auseinander, dass zwei centrifugal entwickelte primordiale Vasalstränge des Stengels resultiren. Diese bleiben jedoch einander genähert. (*Vergl. Taf. VI. Fig. 8*). Wir treffen daher im hypocotylen Stengel bei *Sambucus nigra* sechs Paare kleiner Primordialstränge, jedes Paar von den benachbarten in der Regel um 60° abstehend.

An der Insertionsstelle der opponirten Cotyledonen gehen aber keineswegs alle sechs Paare von hypocotylen Blattspursträngen in die Samenlappen ab, sondern es steigen zwei einander gegenüber stehende Vasalstrangpaare zwischen den Cotyledonen hinauf bis zu den gleichmässig entwickelten, ebenfalls opponirten Primordialblättern, *PB, PB* in *Fig. 8. Taf. VI*. Dagegen gehen je zwei Vasalstrangpaare des hypocotylen Stengels in jeden Cotyledon, so dass also jeder Samenlappe vier einzelne centrifugal entwickelte Spurstränge erhält. Auffallend ist in allen Fällen — wir haben eine grössere Zahl von *Sambucus*-Keimpflanzen untersucht — der Umstand, dass diese vier einzelnen Cotyledonarstränge, von denen die zwei innern passend Medianstränge, die zwei äussern passend Lateralstränge genannt werden, sich im Stengel nicht derart gruppiren, dass die zwei Medianstränge einander genähert erscheinen, indess die Lateralstränge weiter von den medianen abstehen, wie dies bei *Phaseolus*, bei *Ulmus*, bei *Acer* stattfindet. Allein die Anwesenheit von Primordialblattspuren zwischen den Cotyledonarspuren erklärt alsbald diese eigenthümliche Anordnung der letztern. Die zwischen die Cotyledonarspuren tretenden Primordialblattspuren verhindern nämlich die anderswo fast regelmässig beobachtete Annäherung der Lateralstränge beider Cotyledonen. Würden sich die Primordialblattspuren bei *Acer* (*Taf. VI. Fig. 7. Pr. B.; Pr. B*) rechtzeitig abwärts wachsend zwischen die Lateralstränge *ll* einerseits und andererseits hineindrängen und ebenfalls in die Hauptwurzel abwärts steigen, so hätten wir bei *Acer* ohne Zweifel dieselbe Erscheinung, wie bei *Sambucus*.

Was also bei *Sambucus* uns neu erscheinen muss, ist die frühzeitige Entwicklung der Primordialblattspuren, die, mit derjenigen der Cotyledonarspuren parallel verlaufend, es ermöglicht, dass jene den ganzen hypocotylen Stengel durchlaufen und sich in die Wurzel fortsetzen können.

Es darf indessen nicht verhehlt werden, dass die Primordialblattspuren im hypocotylen Stengel sowohl, als auch bei ihrer weitem Fortsetzung in der Wurzel sich oft schwächer erweisen, als die Cotyledonarspuren. Ja es liegt sogar die Vermuthung nahe, dass im weitem Verlauf der fortwachsenden Hauptwurzel schliesslich die Primordialblattspuren ganz zurückbleiben, so dass dann im jüngsten und dünnsten Theil der Hauptwurzel bloss vier centripetal angeordnete Vasalstränge vorhanden wären. Wir

haben sogar Keimpflanzen untersucht, wo uns die Querschnitte durch die jüngsten Hauptwurzeltheile den Eindruck machten, als ob sich je zwei Vasalstränge, die zusammengehörigen Stränge der Cotyledonarspuren, einander näherten und zur Bildung eines einzigen centripetal angeordneten Wurzelstranges übergingen; dann hätten wir hier die sonderbare Erscheinung, dass sich auch die Vasalstränge der Wurzel ausnahmsweise vereinigen könnten und das der alte Theil der Hauptwurzel (Basaltheil) eine grössere Zahl von Vasalsträngen enthielte, als die jüngere Theile derselben Wurzel.

Wir behalten uns vor, in einer folgenden Arbeit auf diese und andere Punkte aus der Entwicklungsgeschichte von *Sambucus* zurückzukommen.

Anhang.

Am Schlusse der Darstellung unserer eigenen Untersuchungsreihe angelangt, sind wir so glücklich, hier anhangsweise noch einige nicht werthlose Notizen mitzutheilen, welche wir einer grösseren Reihe mikroskopischer Präparate des Herrn Dr. A. Dodel-Port zu entnehmen im Falle sind. Der genannte Forscher, welcher bekanntlich die von uns hier neuerdings aufgenommene Frage zuerst in Anregung brachte, besitzt in seiner Präparaten-Sammlung eine Reihe von Objekten, welche Keimpflanzen von *Aesculus Hippocastanum* und *Fagus sylvatica* entnommen und zu dem Zwecke hergestellt wurden, um den Fibrovasalverlauf zwischen Hauptwurzel und Laubblattregion der Keimpflanze zu ermitteln. Diese beiden Dicotyledonen sind für uns deshalb von grossem Werthe, weil die eine (*Aesculus*) in der Hauptwurzel sechs, die andere (*Fagus*) dagegen acht Primordialstränge besitzt. Die Dodel'schen Präparate, deren Benutzung uns in verdankenswerther Weise gestattet wurde, gaben uns Anlass zur Herstellung einer grössern Zahl von Zeichnungen, aus denen wir das ganze Gefässsystem der beiden Keimpflanzen zu erkennen vermochten. Wir theilen unsere diesbezüglichen Beobachtungen mit:

Aesculus Hippocastanum.

Erst nach Vollendung der Originaltafel VI. nahmen wir Einsicht von den mikroskopischen Präparaten über *Aesculus Hippocastanum* wir waren daher nicht im

Falle, noch das diesbezügliche Gefässsystem in graphischer Darstellung unsern Tafeln einzuverleiben. Immerhin wird es leicht möglich sein, an der Hand von *Fig. 9*, woselbst das entsprechende System für ein Dicotyledonen-Beispiel mit acht Wurzelsträngen zur Darstellung gelangte, auch den Verlauf der analogen Gewebepartien bei *Aesculus* mit sechs Wurzelsträngen zu verstehen.

Die üppig sich entfaltende Keimpflanze von *Aesculus Hippocastanum* besitzt zwei mächtige Cotyledonen, welche bekanntlich die grösste Masse des reifen Samens innerhalb der Samenschale darstellen. Beim Keimen entwickelt sich zunächst die hypocotyle Axe beträchtlich, ehe die über den Cotyledonen folgenden Organe zur Entfaltung gelangen. Die in der Samenschale eingeschlossen bleibenden fleischigen Cotyledonen sind opponirt, mit halbstengelumfassender Insertionspartie an der Hauptaxe befestigt. Die Cotyledonen erheben sich beim Keimen nicht über die Erde, der hypocotyle Stengel ist daher sehr kurz und geht rasch in die Hauptwurzel über. Diese ist mächtig entwickelt, frühzeitig mit Nebenwurzeln ausgestattet, reich an saftigen Geweben, daher ein beliebter Leckerbissen für Thiere verschiedener Art, namentlich Insektenlarven, so dass es oft schwer ist, unter vielen Keimpflanzen eine einzige unverzehrt Hauptwurzel zu finden.

Die Hauptwurzel von *Aesculus* besitzt im Basaltheil einen ziemlich stark entwickelten Markkörper. Dieser ist ursprünglich umgeben von einem Procambiumring. An sechs peripherischen Punkten des letztern beginnt die centripetale Entwicklung der primordialen Vasalstränge und schreitet bis an die Grenze des Markkörpers vor. Da dieser im ältesten Theil der Hauptwurzel einen relativ sehr grossen Umfang besitzt, so stehen die primordialen Vasalstränge mit ihren wenigen sehr engen Gefässen weit von einander ab, berühren sich also im Basaltheil der Hauptwurzel niemals.

An der Peripherie des Markcylinders angelangt, biegt die Gefässentwicklung rechts und links von den letzten Gefässen des Primordialstranges auf die Tangente aus und nimmt etliche Centimeter unterhalb der Cotyledonen bis zu den letztern hinauf nach und nach eine centrifugale Richtung an. Auch die tangential-centrifugal nach einander auftretenden secundären Gefässe vermögen den Vasalsträngen der hypocotylen Axe nicht jene Mächtigkeit zu verleihen, um den Raum zwischen den einzelnen Vasalsträngen auszufüllen. Als bald aber beginnt die Holzbildung im ganzen Umfange des Procambiumcylinders. Die sechs primordialen Vasalstränge sind daher in kurzer Zeit durch einen aus kleinen Holzzellen bestehenden Xylemring verbunden. Selbstverständlich wird dieser Xylemring vom Cambium umgrenzt, dieses hinwieder vom Bastring, der aus zartwandigen Zellen besteht, unter denen später einige dickwandige Bgruppen und zahlreiche Gerbstoff-ast(Aesculin-?) Gefässe auftreten. In geringer

Entfernung von den Cotyledonen beginnt die Spaltung der centripetalen Primordialstränge der Wurzel in je zwei centrifugal entwickelte primordiale Vasalstränge des hypocotylen Stengels, der, wie bereits bemerkt, kaum zwei Centimeter Länge erreicht. Die zwei zusammengehörigen Primordialstränge des hypocotylen Stengels bleiben bis zu den Samenlappen hinauf, einander genähert und gehen dort, sämtliche sechs Paare, in die zwei opponirten Cotyledonen ab. Jeder Cotyledon erhält demnach die Elemente von drei primordialen Vasalsträngen der Hauptwurzel, nämlich ein Medianstrangpaar und rechts und links je ein Lateralstrangpaar. Wir haben also bei *Aesculus* in Hauptwurzel und hypocotylem Stengel einen ähnlichen Vasalverlauf, wie der in *Taf. VI. Fig. 9.* für *Fagus sylvatica* dargestellte, einzig mit dem Unterschied, dass eben bei *Aesculus* nur sechs anstatt acht Wurzelstränge und dem entsprechend für die Cotyledonen je bloss ein (anstatt zwei) Medianstrangpaare vorhanden sind. Die Blattspurstränge des hypocotylen Stengels unmittelbar über den Cotyledonen, 35—40 an der Zahl, steigen bei *Aesculus Hippocastanum* ebenfalls abwärts zwischen die Cotyledonarstränge, um beim Uebergang vom hypocotylen Stengel in die Wurzel blind zu endigen, ohne sich an die benachbarten Vasalstränge der hypocotylen Axe anzulehnen.

Vergleichen wir den Vasalstrangverlauf von *Aesculus Hippocastanum* mit demjenigen von *Sambucus nigra* (*Taf. VI. Fig. 8.*), so muss uns bei der Anwesenheit von sechs Primordialsträngen der Hauptwurzel beider Pflanzen die wesentliche Verschiedenheit beim Verlauf derselben in die oberirdische Axe sehr auffallen.

Während bei *Sambucus* zwei opponirte Primordialstränge der Wurzel ihren ersten Ursprung von den Primordialblättern nehmen, während die 2×2 andern Wurzelstränge nichts Anderes darstellen, als die unteren Partien der Cotyledonarspuren, finden wir bei *Aesculus*, dass **alle** Wurzelstränge ausschliesslich von den Cotyledonen ausgehen.

Würden die zwei opponirten Medianstränge der Primordialblätter bei *Aesculus* im hypocotylen Stengel, zwischen die Lateralstränge der beiden Cotyledonen tretend, abwärts weiter wachsen und sich als primordiale Vasalstränge der Wurzel in die letztere hineinfortsetzen, so hätten wir an dem Fibrovasalsystem der Keimpflanze von *Aesculus* das schönste Mittelglied zwischen dem primären Vasalstrangsystem von *Sambucus* einerseits und *Fagus sylvatica* anderseits, wie aus Folgendem hervorgehen wird.

Fagus sylvatica.

Die vorliegenden Präparate mit 115 Querschnitten aus verschiedenen Regionen des hypocotylen Stengels und der Hauptwurzel sind einem Keimling entnommen, der circa $4\frac{1}{2}$ Monat alt, am Ende August 1869 eingebracht und uns sorgsam in fast sämtlichen Fragmenten zur Verfügung gestellt wurde. Der älteste Theil der Hauptwurzel trägt mehrfach verzweigte Nebenwurzeln, die sämtlich viel schwächer entwickelt sind, als die Pfahlwurzel. Wir schätzen die ganze Länge der Hauptwurzel auf 30—40 Centimeter, bemerken aber gleich, dass wir die Pfahlwurzel nur im untersten Theil, auf ca. 15 Centimeter Länge untersuchten, was jedoch zur Beantwortung der uns gestellten Frage vollkommen genügte. Die Länge des hypocotylen Stengels von den Cotyledonen an bis zum Abgang der ersten Nebenwurzel beträgt $8\frac{1}{2}$ Centimeter, während der Durchmesser, in der Nähe der Wurzel $3\frac{1}{2}$ Millimeter betragend, sich aufwärts verjüngt und in der Nähe der Cotyledonen bloss 2 Millimeter beträgt.

Die nierenförmigen, laubblattartigen Cotyledonen waren noch vorhanden, jedoch schon ausser Thätigkeit und durch das herbstliche Gelb grell von den dunkelgrünen Laubblättern abstechend. Ueber den Cotyledonen folgen noch drei Stengelinternodien, wovon das erste (von den Cotyledonen bis zu den beiden opponirten Primordialblättern reichend), durch ca. $4\frac{1}{2}$ Centimeter, das folgende dagegen bloss 2 und das oberste nur 1 Centimeter misst. In der Axel der Cotyledonen sowohl als der Laubblätter fanden sich Dauerknospen für das nächste Jahr, ebenso war die Terminalknospe schon stark entwickelt.

Diese Keimpflanze hatte ohne Zweifel das erstjährige Längenwachsthum abgeschlossen. Der Querschnitt durch die Hauptwurzel, circa 12 Centimeter unterhalb der Stengelbasis, zeigt im Centrum einen kleinen Markkörper, der etliche Centimeter tiefer, d. h. in acropetaler Richtung in der Hauptwurzel, als scharf zugespitzter Kegel sein Ende erreicht. Dieser Markkegel zieht sich von der Stengelbasis an mindestens 15—20 Centimeter tief abwärts in die Hauptwurzel. Rings um den Markcylinder erkennen wir den bereits ziemlich mächtigen Gefäss- und Holzkörper, welcher als geschlossener Ring dieselben Elemente aufweist wie im Stengel, nämlich in der Markscheide die primordialis Vasalstränge und ausserhalb derselben die secundären Gefäss- und Holzzellen. Da wir nicht mehr auf diese letzteren zurückzukommen gedenken, so sei hier gelegentlich bemerkt, dass der Xylemkörper in Stengel und

Wurzel bei *Fagus sylvatica* im Wesentlichen gleich gestaltet ist: die Holzzellen sind klein, zum Theil sehr stark verdickt, zum Theil aber auch noch mit ziemlich weiten Lumina ausgestattet, weniger dickwandig. Die Markscheide in dem Basaltheil der Hauptwurzel zeigt — nicht sehr deutlich und dem ungeübten Auge leicht entgehend — acht centripetal angeordnete Primordialstränge, die spitzkeilförmig nach Aussen in den secundären Holzkörper hineinragen, mit der Basis ihres spitzwinkligen Querschnittsdreieckes dagegen auf der Peripherie des Markcylinders ruhen. Ueber jedem primordialen Vasalstrang der Hauptwurzel steht ein radial verlaufender breiter Holzparenchymstrahl, der nur dort fehlt, wo über einem Primordialstrahl eine Nebenwurzel abgeht.

Verfolgen wir weiter aufwärts, gegen den hypocotylen Stengel hin, die acht primordialen Vasalstränge, so bietet sich beim Uebergang zum Stengel hier wieder die gewöhnliche Erscheinung der Zweitheilung eines Wurzelstranges in zwei Primordialstränge des hypocotylen Stengels. Allein diese Zweitheilung und die damit verbundene Drehung der primären Vasalstränge in dem Sinne, dass nach und nach die engsten Gefässe nach Innen, die weiteren Gefässe dagegen nach Aussen rücken, vollzieht sich bei *Fagus* sehr langsam und auf einer beträchtlich langen Strecke des Basaltheiles der Hauptwurzel, sowie des untersten Stengeltheiles. Die Abänderung der Entwicklungsrichtung des einzelnen Vasalstranges von der centripetalen der Wurzel zur centrifugalen des Stengels vollzieht sich auf einer Länge von mindestens 3—5 Centimeter. Dabei wird ein grosser Theil des hypocotylen Stengels in Mitleidenschaft gezogen, so dass 2—2½ Centimeter über dem Abgang der ersten und kräftigsten Nebenwurzel der Querschnitt durch den hypocotylen Stengel in der Markscheide 8×2 tangential angeordnete Vasalstränge zeigt. Erst ca. 4—5 Centimeter unterhalb der Cotyledonen sind die acht Vasalstrangpaare streng centrifugal angeordnet.

Verfolgen wir diese Vasalstränge des hypocotylen Stengels weiter aufwärts zu den Cotyledonen, so finden wir, dass vier Vasalstrangpaare in den einen Cotyledon, die vier andern Strangpaare dagegen in den andern Cotyledon abgehen. (*Vergl. Taf. VI. Fig. 9.*) Es ist daher die Angabe von van Tieghem, die sich auf diese Verhältnisse bezieht, durchaus unrichtig, wenn er sagt: „Les cotylédons reçoivent de la tigelle deux faisceaux rapprochés qui divergent immédiatement dans le limbe sessile où ils se ramifient. Ils correspondent à deux des lames vasculaires du pivot.“¹⁾

Jede Cotyledonarspur besteht demnach aus zwei Medianstrangpaaren und zwei Lateralstrangpaaren. Jedes dieser Strangpaare vereinigt sich abwärts zu einem cen-

¹⁾ Van Tieghem. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, I. fasc. p. 248.

tripetal angeordneten Wurzelstrang. In der Axel der Cotyledonen sitzt jederseits eine Axillarknospe, von welcher ein Gefäßstrang abwärts in den Stengel wächst und zwar zwischen die zwei Medianstrangpaare der Cotyledonen hineintretend, um nach kurzem Verlauf blind zu endigen. (*Vergl. Taf. VI. in Fig. 9. a a.*)

Ebenso treten die Blattspurstränge der Primordialblätter, aus dem ersten Stengelinternodium kommend, zwischen die Cotyledonarstränge, und enden einige Centimeter unterhalb der Cotyledonen im Holzkörper des hypocotylen Stengels, ohne sich an andere Vasalstränge anzulehnen.

Entsprechend dem primären Vasalverlauf gestaltet sich auch der Verlauf des primären Bastes. In der Wurzel finden sich acht Gruppen dickwandiger primärer Bastzellen, welche mit den primären Gefäßbündeln alterniren. Beim Uebergang in den Stengel theilen sich dieselben und es nehmen die 8×2 Bastbündel allmähig centrifugale Richtung zu den zugehörigen Vasalbündeln an. Selbstredend sind auch die Gefäßbündel der Laubblattspuren von dickwandigen Bastelementen begleitet. Alle diese Verhältnisse bieten aber nichts Auffallendes oder Fremdartiges. Wir verzichten daher auf die detailirte Besprechung der Bastgewebe, der Schutzscheide und der primären Rinde, die im Stadium der von uns untersuchten Keimpflanze bereits zum Theil abgestorben, zum Theil verkorkt sind.

Zusammenfassung und Schluss.

Wir haben im Vorliegenden zehn verschiedene Keimpflanzen aus verschiedenen Dicotyledonenfamilien rücksichtlich ihres primordialen Vasalstrangverlaufes untersucht und dabei verschiedene anatomische Typen besprochen, die an mehr als Einem Repräsentanten in der Folge noch weiter zu durchforschen sind, um — wenn, wie wir vermuthen — ein einheitliches Gesetz sich geltend macht, das Entwicklungsprincip der primordialen Fibrovasalelemente der Dicotyledonen blosslegen zu können.

Nach den Untersuchungen von Dodel, sowie nach den oben mitgetheilten Resultaten unserer eigenen Untersuchungsreihe ist es wohl erlaubt, den Schluss zu ziehen, dass in der Anzahl der Fibrovasalstränge des hypocotylen Stengels sowohl als auch der Hauptwurzel keine Variabilität bei einer und derselben Pflanzenspecies sich geltend macht. Wir stellen uns hiermit zu der Auffassung von van Tieghem, wie wir schon in der Einleitung bemerkten, in Opposition.

Ebenso, wie nach den Untersuchungen von Nägeli, Niemand an der Gesetzmässigkeit des Gefässstrangverlaufes bei den verschiedensten Stengelpflanzen zweifeln kann, sondern wie bei jeder höheren Pflanzenspecies eine gesetzmässige Anzahl von Blattspursträngen aus jedem Blatt abwärts in den Stengel wächst und unter einem gesetzmässigen Modus sich mit den tiefer stehenden Blattspuren vereinigt: ebenso macht sich für die Anzahl der Gefässstränge und für den Spurstrangverlauf des untersten Blattpaares der Dicotyledonen, nämlich der Samenlappen, eine Gesetzmässigkeit geltend, die nicht allein den untersten Stengeltheil, sondern auch die ganze Hauptwurzel in ihren Bereich zieht und daher von grosser Tragweite ist.

Wir resümiren unsere Beobachtungen und die daraus zu ziehenden Schlüsse dahin:

1. Die Gefässbildung nimmt bei den untersuchten Dicotyledonen ihren Anfang an der Insertionsstelle der Cotyledonen und schreitet von da an einerseits in den hypocotylen Stengel hinab, andererseits in den Cotyledon hinauf.

2. Jeder Cotyledon sendet eine ganz gesetzmässige Anzahl von Fibrovasalbündeln abwärts in die hypocotyle Axe.

3. Die Cotyledonarspuren des hypocotylen Stengels bestehen aus **paarigen** Fibrovasalsträngen, die unmittelbar unter den Cotyledonen, oft auch tiefer hinunter im Basaltheil des Stengels **centrifugal** entwickelt sind.

4. Jedes Gefässstrangpaar der Cotyledonarspuren vereinigt sich beim Uebergang in die Hauptwurzel zu einem einzigen centripetal entwickelten Primordialstrang, um in dieser — abwärts wachsend — den ersten Anfang zur Bildung des Fibrovasalkörpers Wurzel darzustellen.

5. Die Hauptwurzel der untersuchten Dicotyledonen besitzt demnach folgerichtig nur die halbe Anzahl der primordialen Fibrovasalbündel des hypocotylen Stengels.

6. Bei der Vereinigung zweier Stränge des hypocotylen Stengels zu einem einzigen Wurzelstrang findet eine Drehung der Strang-Elemente derart statt, dass die im Stengel centrifugal angeordneten Gefässe in der Wurzel eine centripetale Entwicklungsfolge einschlagen.

7. Dem entsprechend verhalten sich die primären Bastelemente. Die zwei radial ausserhalb der centrifugal entwickelten primären

Vasalstränge des hypocotylen Stengels liegenden primären Baststränge eines und desselben Fibrovasal-Strangpaares entfernen sich beim Uebergang in die Hauptwurzel derart, dass der eine Baststrang eines Fibrovasalstranges mit dem nächstliegenden Baststrang des benachbarten Fibrovasal-Strangpaares zusammenstösst und sich mit diesem zu einem einzigen Baststrang der Wurzel vereinigt, indess der andere Baststrang ein Gleiches mit dem nächstliegenden Baststrang des andern benachbarten Fibrovasal-Strangpaares eingeht.

8. Bei den meisten Dicotyledonen sind es die Cotyledonarspuren **allein**, welche abwärts in die Wurzel zu wachsen vermögen. Dies ist bei allen bis jetzt untersuchten Dicotyledonen mit zwei, vier und acht primordialen Vasalsträngen in der Wurzel der Fall. Die Cotyledonen sind in diesen Fällen immer genau opponirt. Ihre Divergenz ist $\frac{1}{2}$.

9. Selten sind es auch Fibrovasalstränge der Primordialblätter über den Cotyledonen, welche — sich sehr früh entwickelnd — nicht allein in den hypocotylen Stengel, sondern auch in die Wurzel hinabreichen und dort dieselbe Entwicklung nehmen, wie die Cotyledonarspuren. Dieser Fall tritt nach unsern bisherigen Untersuchungen (*Vicia* und *Sambucus*) nur dann ein, wenn in der Wurzel drei oder sechs Primordialstränge vorhanden sind.

10. Bei der Anwesenheit dreier Primordialstränge in der Wurzel kann der eine dieser Stränge seinen Ursprung aus dem ersten Laubblatt über den Cotyledonen nehmen, während die zwei andern Primordialstränge der Wurzel von den Cotyledonen herrühren. In diesem Fall sind, wie *Vicia sativa* zeigt, die Cotyledonen nicht eigentlich opponirt, sondern stehen nur um die Divergenz $\frac{1}{3}$ von einander ab.

11. Bei der Anwesenheit von sechs Primordialsträngen in der Wurzel können zwei derselben von den opponirten Primordialblättern über den Cotyledonen ihren Ursprung nehmen, während die vier übrigen Wurzelstränge den opponirten Cotyledonen ihr Dasein verdanken (*Sambucus nigra*) oder aber: es können alle sechs Primordialstränge der Hauptwurzel ihren Ursprung in den Cotyledonen

nehmen (*Aesculus*). In beiden Fällen sind die Cotyledonen genau opponirt, die Primordialblätter alterniren mit ihnen.

12. Wenn es wirklich Dicotyledonen gibt, die fünf Primordialstränge in der Hauptwurzel besitzen¹⁾, so lässt sich durch Analogie mit *Vicia sativa* schliessen, dass dort der eine von den fünf Primordialsträngen seinen Ursprung von dem ersten Laubblatt über den Cotyledonen nimmt, indess die andern vier Stränge nichts anderes als die in die Hauptwurzel verlängerten Cotyledonarspuren darstellen. Dann sind die Cotyledonen ebenfalls nicht wirklich opponirt, sondern zeigen die Divergenz $\frac{2}{5}$.

13. Der Uebergang vom Dicotyledonenstengel in die Pfahlwurzel vollzieht sich auch in anatomischer Beziehung (rücksichtlich der Entwicklungsrichtung der Primordialstränge) bei den meisten Dicotyledonen in der Keimaxe unterhalb der Cotyledonen. Bei Pflanzen, deren Stengel in den untersten Internodien **kein Mark** enthält, kann jedoch — wie *Vicia sativa* zeigt — die Entwicklung der primordialen Vasalstränge in den untern Stengelinternodien eine centripetal-centrifugale sein und dadurch einen Mittelcharakter zwischen den streng centripetalen Wurzel- und den centrifugalen Stengelsträngen bekunden.

14. Die Grösse der Cotyledonen, ihr Verhalten beim Keimungsprozess (ob sie sich zu grünen laubblattähnlichen Gebilden differenziren oder aber fleischige, nicht grüne Reservestoffbehälter darstellen), ebenso die absolute Dicke des hypocotylen Stengels und der Pfahlwurzel, ferner die Mächtigkeit des Markcylinders im Stengel und des Markkegels in dem Basaltheil der Hauptwurzel: — alle diese Momente lassen bis jetzt noch keinerlei gesetzmässige Beziehung zur Anzahl der primordialen Vasalstränge des hypocotylen Stengels, respective der Hauptwurzel erkennen.

¹⁾ Nach Duchartre (Elements de Botanique pag. 300) bei *Hedera Helix* und *Clusia flava*

Erklärung der Tafeln.

Taf. I. bis Taf. V. — *Vicia sativa*.

- Taf. I. Fig. 1. A.** Die ganze Keimpflanze (in natürlicher Grösse) von *Vicia sativa*, auf welche sich die Mehrzahl der in *Tafel I—V* dargestellten Figuren bezieht. *s*, Samenschale, in welcher sich die noch nicht völlig ausgesaugten Cotyledonen befinden.
a, d, e, f, g, m, n, p und *q*. Verschiedene Höhepunkte des Axensystems, auf welchen die verschiedenen in den folgenden Figuren dargestellten Querschnitte geführt wurden.
z¹ und *z²* — die zwei untersten Zweige der oberirdischen Keimaxe.
- Fig. 1. B.** Die in der nächsten Nähe der von der Samenschale entblösten Cotyledonen befindlichen ober- und unterirdischen Axenstücke. *Co, Co* — die beiden Cotyledonen, nach Entfernung der Samenschale. An der Hauptwurzel, wie an den Nebenwurzeln sind warzenförmige Auswüchse zu erkennen, die bei sehr vielen Keimpflanzen auftreten, bei andern aber fehlen können.
- Fig. 1. C.** Dasselbe Fragment der Keimaxe, wie in *B*, nach Entfernung der Cotyledonen *Co, Co* und der Nebenwurzeln, um die Insertionsstellen der Cotyledonen zur Anschauung zu bringen.
- Fig. 2.** Perspektivische Darstellung des Fibrovasalstrang-Verlaufes von der Hauptwurzel an bis in's dritte Stengelinternodium und an die Basis der untersten Zweige.
a, e, g, m, n. — Schematische Darstellung der Querschnitte in den Höhen *a, e, g, m, n* der in Fig. 1, A dargestellten Keimpflanze.
Cot, Cot. — Cotyledonen.
pr. G. — Primordial-Gefässe.
dB. und *dB¹*. — Isolirte dickwandige Baststränge der primären Rinde, welche am obern Ende des ersten und des zweiten Internodiums in die Blätter abgehen.
GB, GB. — Isolirte Fibrovasalstränge der Rinde im ersten Internodium über den Cotyledonen.
dB¹ und *dB²*. — Isolirte dickwandige Baststränge der Rinde des zweiten Internodiums.
GB¹. — Isolirte Fibrovasalstränge der Rinde des zweiten Internodiums.
GB² und *GB³*. — Isolirte Fibrovasalstränge der Rinde des dritten Internodiums.
dB² und *dB³*. — Isolirte dickwandige Baststränge der Rinde des dritten Internodiums.
- Fig. 3.** Schematische Darstellung des primären Gefässstrangverlaufes im centralen Fibrovasalkörper der Wurzel und des untersten Stengelstückes.

Co, Co. — Cotyledonen.

m, l, l. — Median- und Lateralstränge der ersten Laubblattspur im untersten Internodium.

m¹, l¹, l¹. — Median- und Lateralstränge der zweiten Laubblattspur im ersten und zweiten Internodium.

m², l², l². — Median- und Lateralstränge der dritten Laubblattspur im zweiten und dritten Internodium.

m³, l³, l³. — Median- und Lateralstränge der vierten Laubblattspur im dritten und vierten Internodium.

m⁴, l⁴, l⁴ und m⁵, l⁵, l⁵. — Dieselben Elemente in höhern Internodien.

Fig. 4. Schematische Darstellung der isolirten dickwandigen Baststränge und der isolirten Fibrovasalbündel der Rinde von den Cotyledonen an bis in's sechste Internodium.

dB, dB¹, dB², etc., etc., wie in *Fig. 2.*

GB, GB², GB³, etc., etc., ebenso.

W, W, W. — Die Richtung der primordialen Vasalbündel der Wurzel.

Taf. II.

Fig. 5. Querschnitt durch die Hauptwurzel der in *Fig. 1. A.* dargestellten Keimpflanze in der Höhe *a*. Vergrößerung: $\frac{205}{1}$

Pr. G. — Primordialgefässe.

s. G. — Secundäre Gefässe.

d. B — dickwandige Baststränge.

S. — Schutzscheide.

Fig. 6. Querschnitt durch eine junge Nebenwurzel. Vergrößerung: $\frac{196}{1}$

pr. G. — Primordialgefässe.

Fig. 7. Querschnitt durch die Hauptwurzel der in *Fig. 1. A.* dargestellten Keimpflanze, unmittelbar unterhalb der Cotyledonen, um die tangential Entwicklung der Primordialstränge zu zeigen. Vergrößerung: $\frac{86}{1}$

N. W. — Nebenwurzel, von einem Primordialstrang der Hauptwurzel abgehend.

pr. G. — Primordialgefässstrang.

Fig. 8. Querschnitt durch die gleiche Pflanze beim Abgang der Cotyledonen von der Keimaxe. Vergrößerung: $\frac{62}{1}$

Co. Co. — Die in die Cotyledonen abgehenden Elemente der Primordialstränge.

pr. G. — Primordialgefässe.

dB. — Dickwandige Bast.

dB¹. — Das erste hypercotyle dickwandige Bastbündel der Rinde, welches sich hier dem Fibrovasalcylinder anlehnt.

Taf. III.

Fig. 9. Querschnitt durch den centralen Fibrovasalkörper des ersten Stengelinternodiums über den Cotyledonen, in der Höhe *f* der in *Fig. 1. A.* dargestellten Keimpflanze. Vergrößerung: $\frac{196}{1}$

mm¹. — Die grosse Axe der ursprünglichen Procambium-Ellipse.

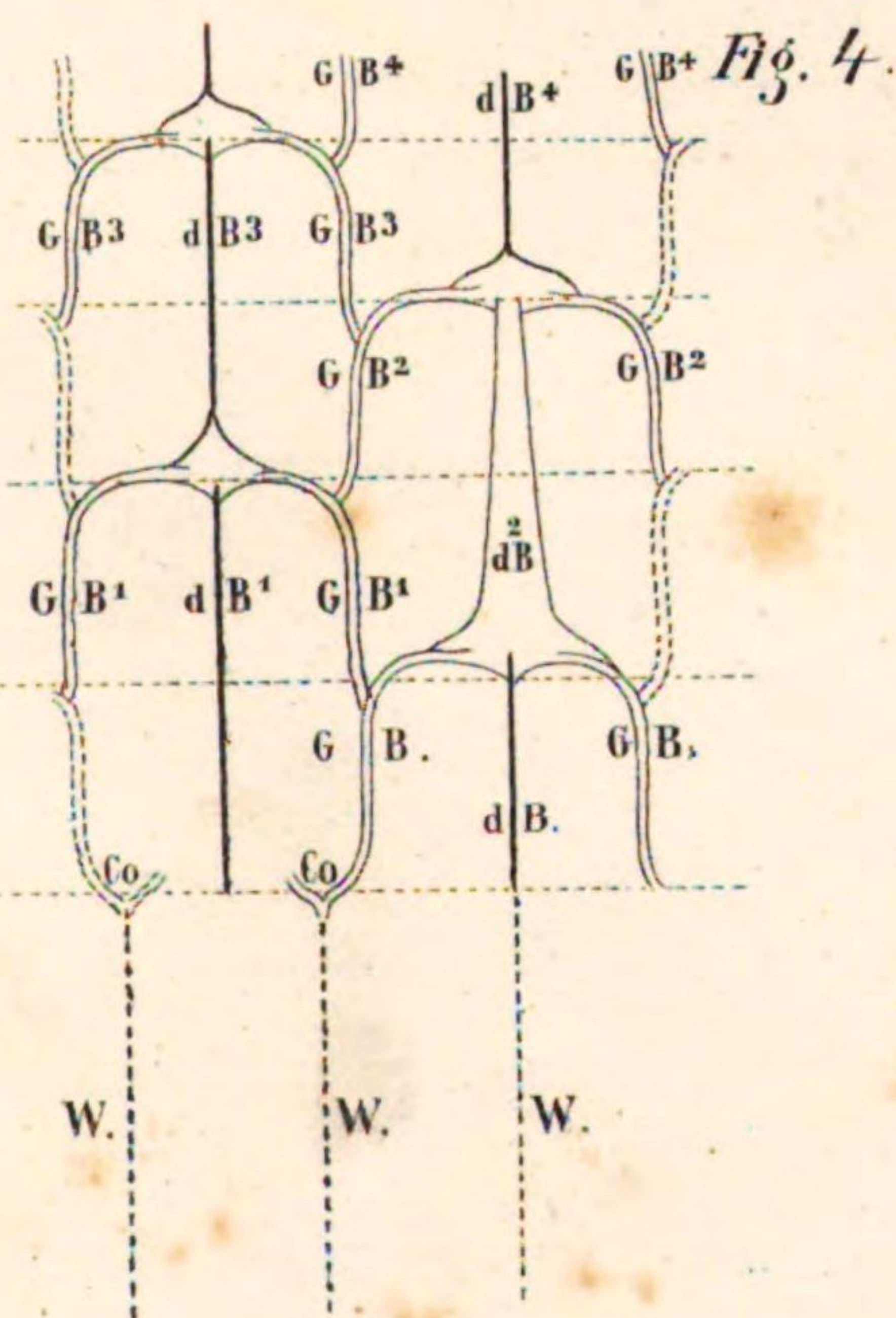
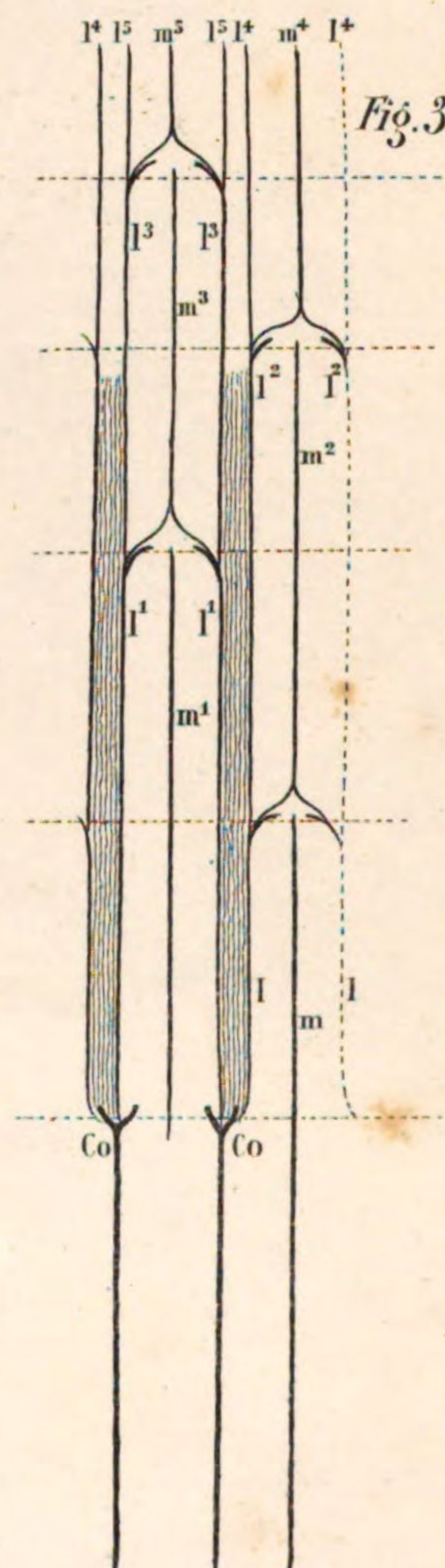
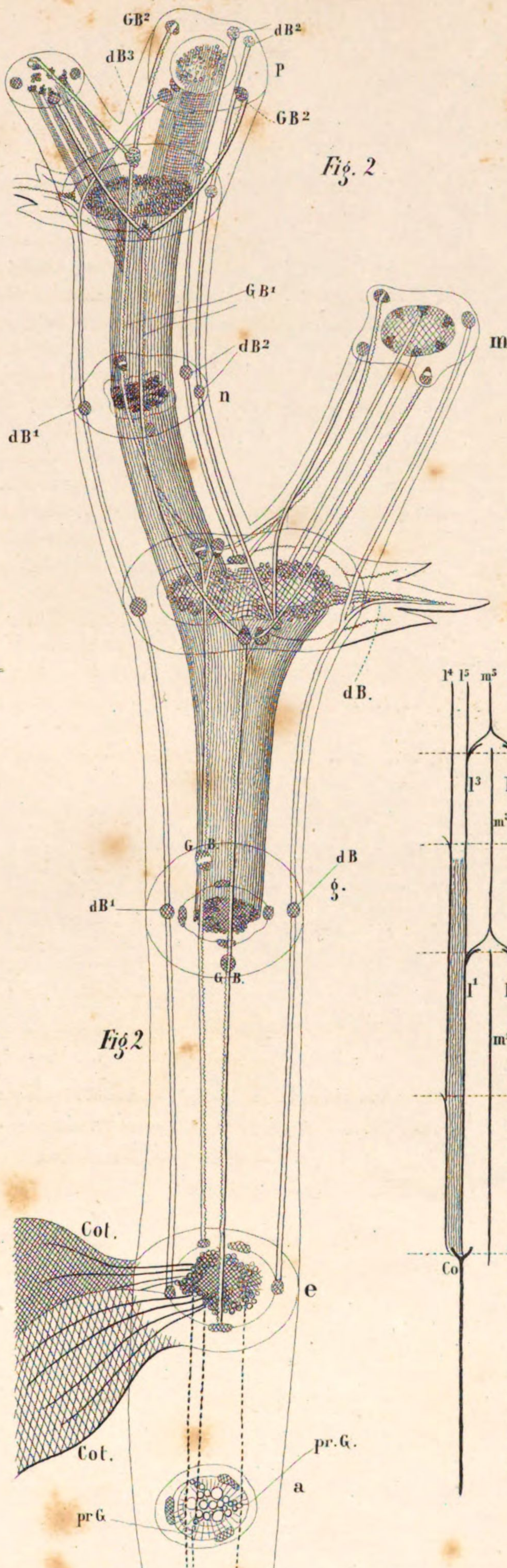
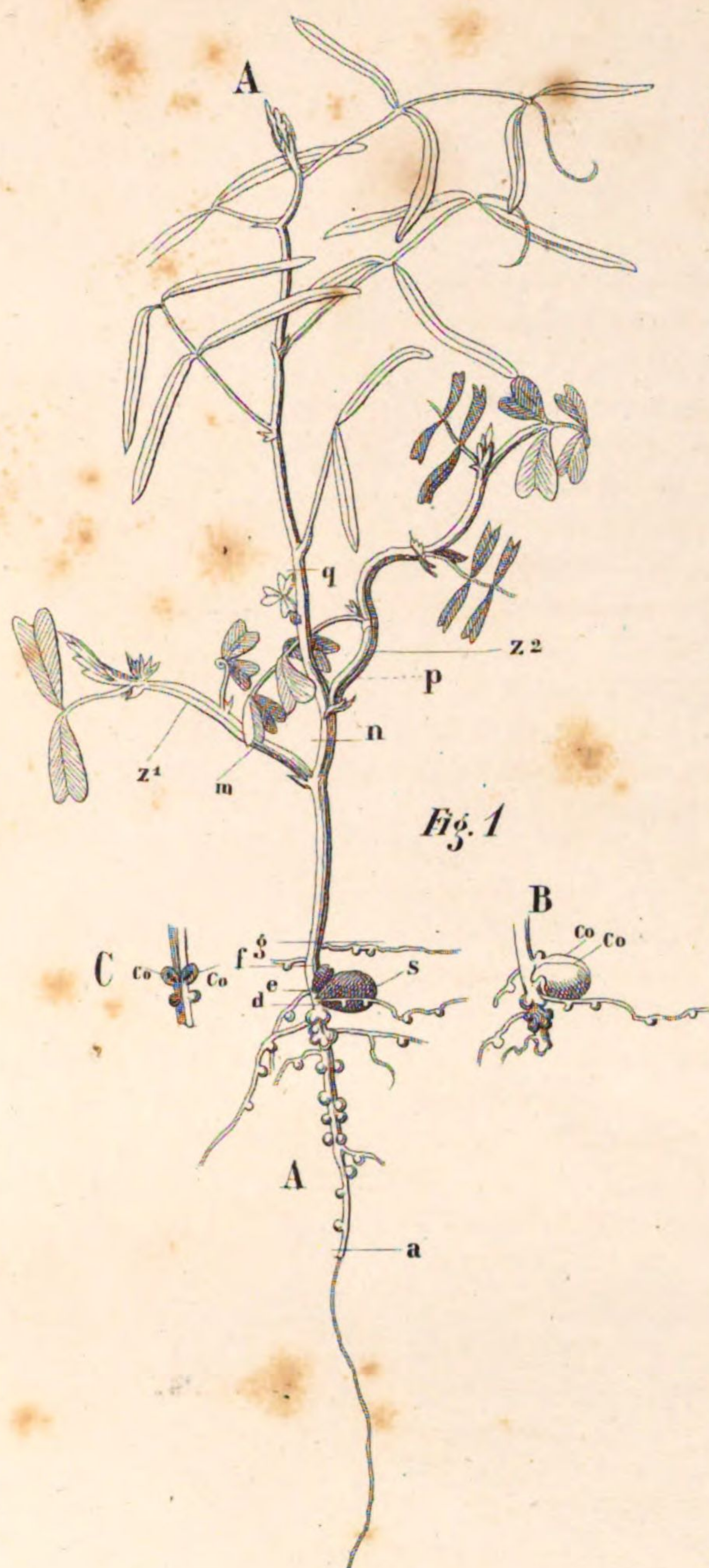
ll und l¹l¹. — Die mit der kleinen Axe der Procambium-Ellipse parallel verlaufenden Entwicklungsrichtungen der lateralen Vasalstränge der ersten Laubblätter.

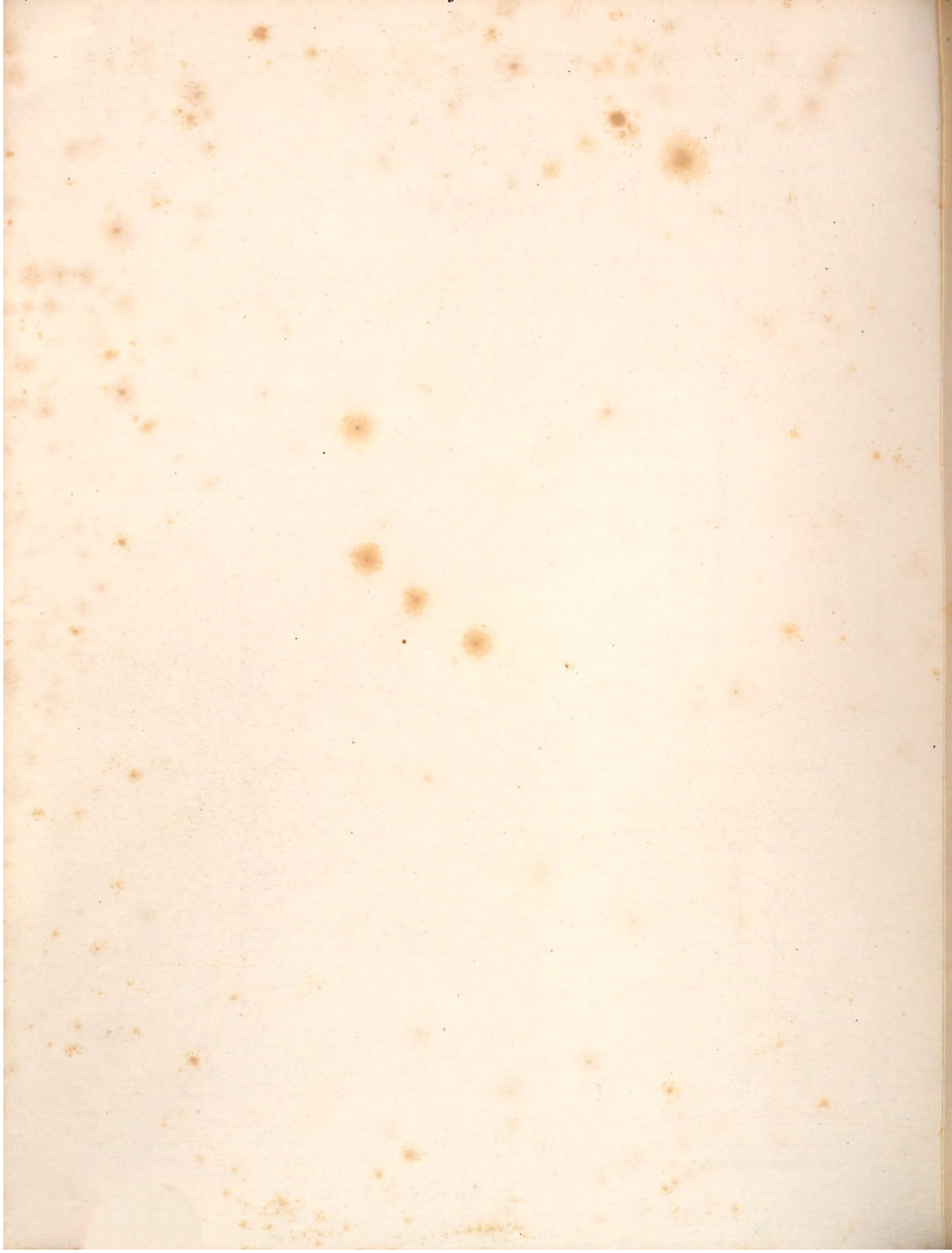
m und m¹. — Die Brennpunkte der ursprünglichen Procambium-Ellipse

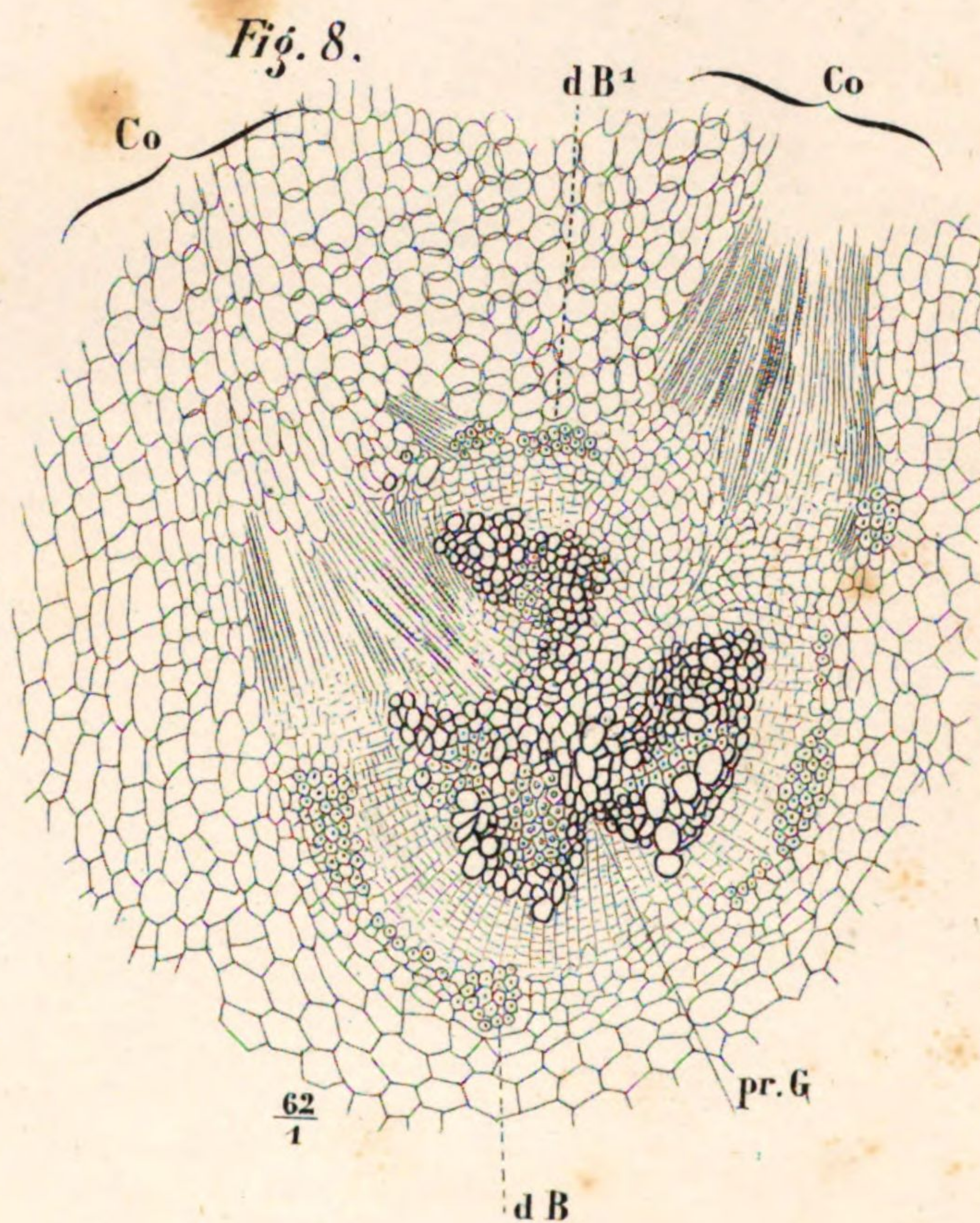
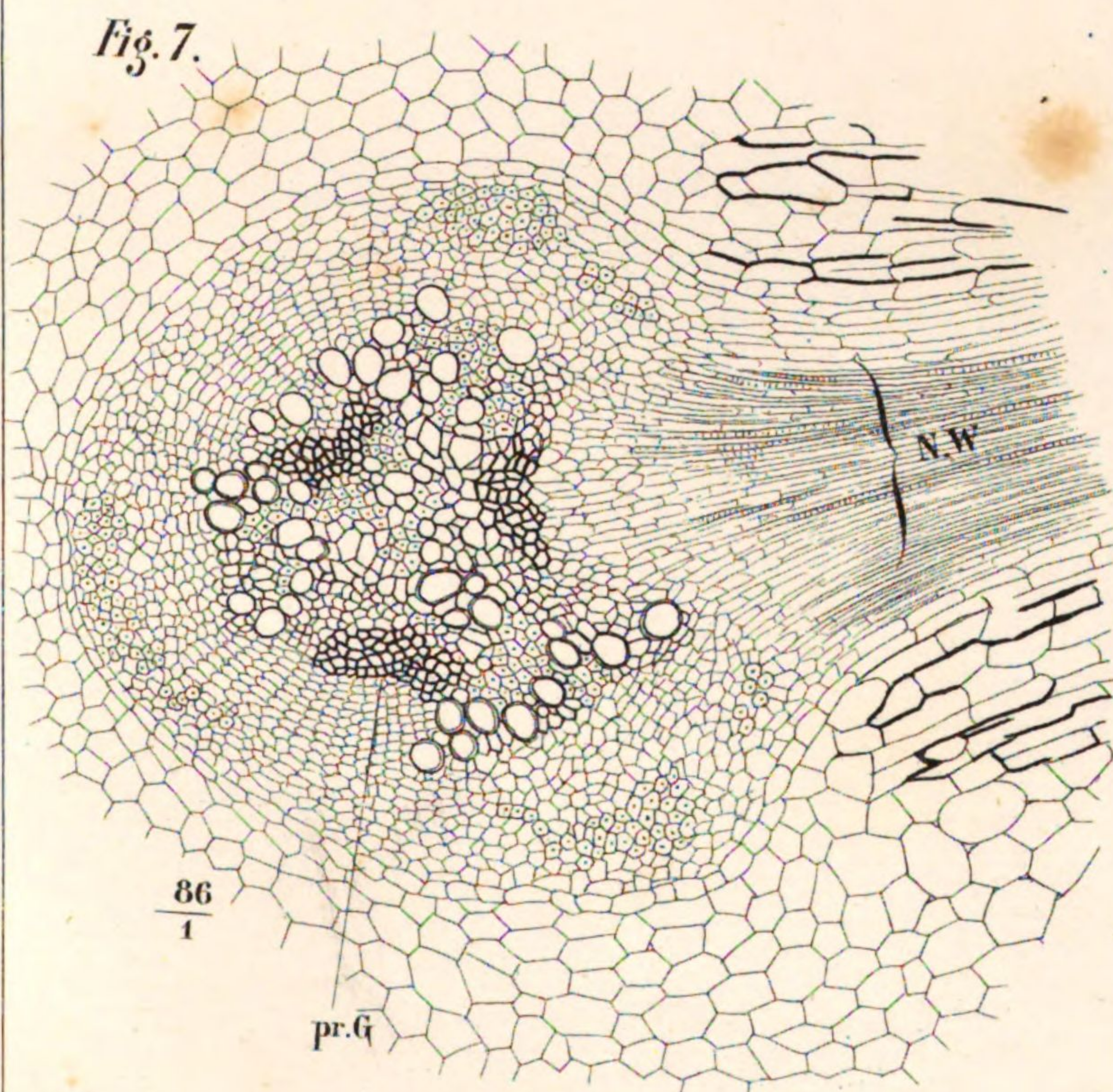
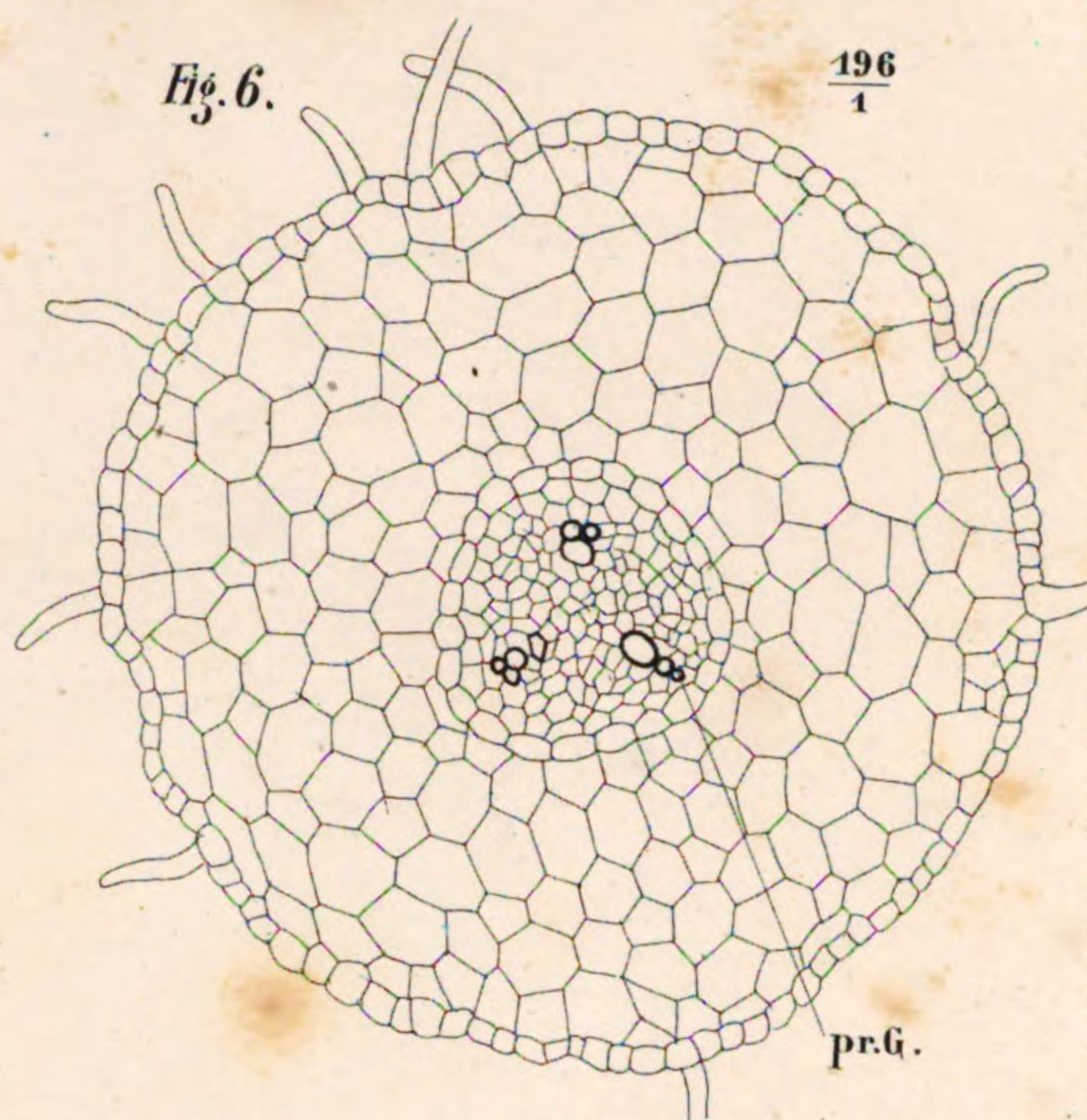
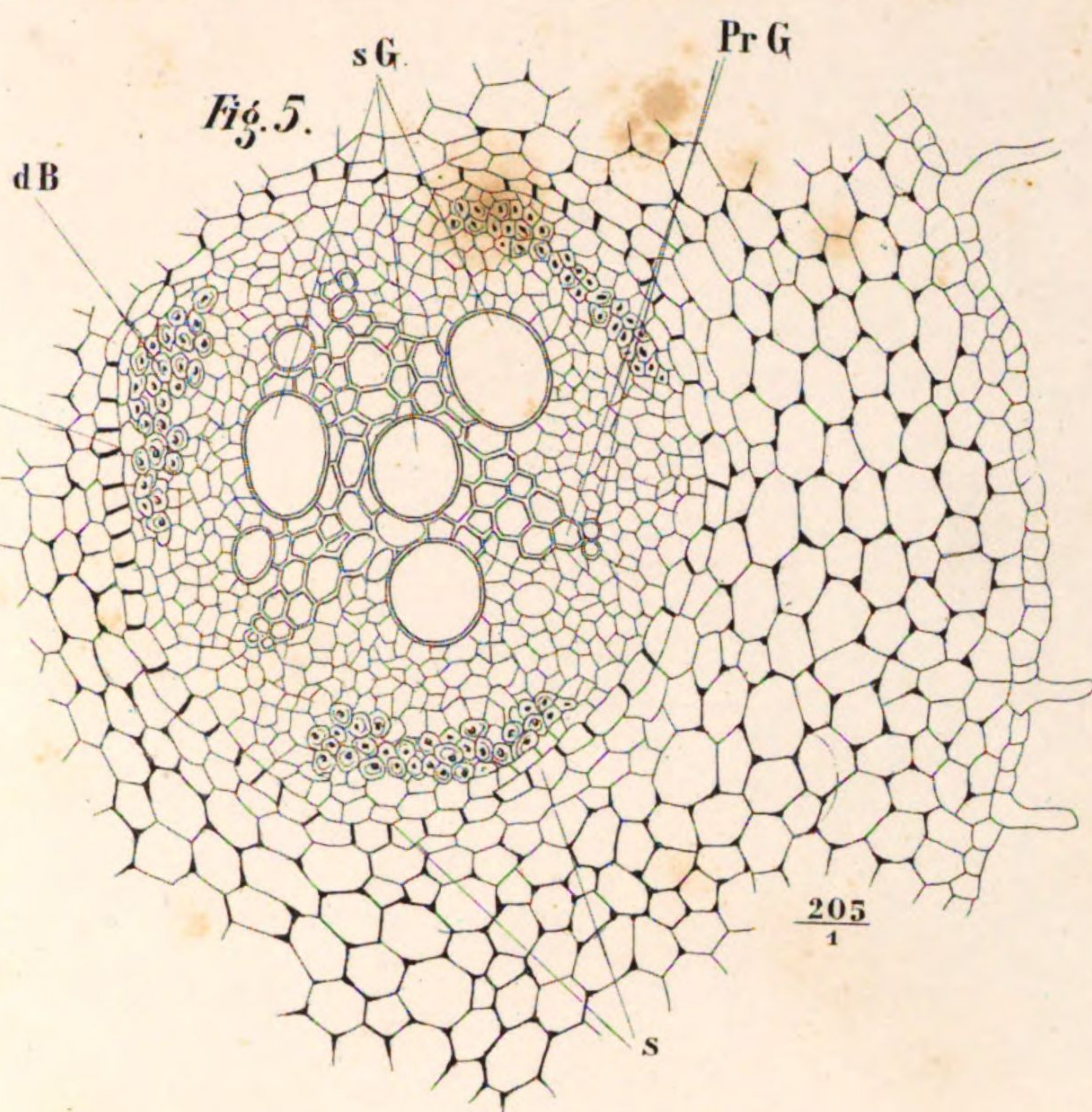
(Im Weiteren siehe den Text und namentlich *Fig. 11.*)

- Fig. 10.** Querschnitt durch das erste Stengelinternodium in der Höhe *g*. Vergrößerung: $\frac{82}{1}$
GB., GB. — Isolirte Fibrovasalstränge der Rinde.
dB. und dB¹. — Isolirte dickwandige Baststränge der Rinde.
m, m¹ — wie in *Fig. 9* und *11*.
- Fig. 11.** Querschnitt durch das erste Stengelinternodium einer jüngern Keimpflanze, aber in derselben Höhe, wie bei *Fig. 10*, um die centripetal-centrifugale Entwicklung der primären Vasalbündel zu constatiren. Vergrößerung: $\frac{148}{1}$
m l l, m¹ l¹ l¹ — wie in *Fig. 9*. (Vergl. Text.)
- Taf. IV. Fig. 12.** Querschnitt durch das zweite Internodium der in *Fig. 1. A.* dargestellten Keimpflanze, in der Höhe *n*. Vergrößerung: $\frac{198}{1}$
 Die drei rechtwinklig sich kreuzenden Geraden geben die Entwicklungsrichtung der primären Vasalstränge an, ganz so wie in *Fig. 9*. und *11*.
- Fig. 13.** Querschnitt durch das unterste Internodium des ersten Zweiges der gleichen Keimpflanze, in der Höhe *m*. Vergrößerung: $\frac{55}{1}$
ms, ls und ls. — Die drei (Median- und Lateral-)Stränge der ersten Laubblattspur des Zweiges.
ms¹, ls¹, ls¹. — Die drei (Median- und Lateral-)Stränge der zweiten Laubblattspur des Zweiges.
GB, GB. — Die isolirten Fibrovasalstränge der Rinde des ersten Zweig-Internodiums.
dB, dB¹. — Die zwei isolirten dickwandigen Baststränge der Rinde des ersten Zweig-Internodiums.
- Fig. 14.** Querschnitt durch das zweite Internodium der Hauptaxe über den Cotyledonen. Höhe *n* der in *Fig. 1. A.* dargestellten Keimpflanze. Vergrößerung: $\frac{55}{1}$
dB¹ und dB², dB² — wie in *Fig. 2* und *4 (Taf. I.)*.
GB¹ und GB¹ — ebenso.
 Im Centrum der solide Fibrovasalkörper, in welchem die Richtung der Pfeile der Entwicklungs-Richtung der primären Vasalbündel entspricht.
- Taf. V. Fig. 15.** Querschnitt durch das dritte Internodium derselben Pflanze. Höhe *p* in *Fig. 1. A.* Vergrößerung: $\frac{148}{1}$
dB² und dB² — wie in *Taf. I. Fig. 2* u. *4*.
GB² und GB² — ebenso.
- Fig. 16.** Querschnitt durch das vierte Internodium der in *Fig. 1. A.* dargestellten Pflanze. Höhe *q*. *dB³ und dB⁴, sowie GB³ und GB³* wie in *Taf. I., Fig. 4*.
- Taf. VI. Der primordiale Vasalstrangverlauf bei den Keimpflanzen von *Asperula taurina*, *Capsicum annuum*, *Crataegus Oxyacantha*, *Ulmus*, *Acer*, *Sambucus* und *Fagus sylvatica*.**
- Fig. 1.** Verlauf der primordialen Vasalstränge in Wurzel und hypocotylem Stengel bei *Asperula taurina*.
- Fig. 2.** Junge Keimpflanze von *Capsicum annuum* in natürlicher Grösse dargestellt.
- Fig. 3.** Verlauf der primordialen Vasalstränge dieser Keimpflanze. Bei *Co, Co* Abgang derselben in die Cotyledonen.

- Fig. 4.* Keimpflanze von *Crataegus Oxyacantha* in natürlicher Grösse.
- Fig. 5.* Verlauf der primordialen Vasalstränge in Hauptwurzel und hypocotylem Stengel dieser Keimpflanze.
- Fig. 6.* Der Verlauf der primordialen Vasalstränge bei der Keimpflanze von *Ulmus*.
mm, mm. — Medianstrangpaare der Cotyledonarspuren.
ll, ll. — Lateralstrangpaare der Cotyledonarspuren.
p, p, p. — Gefässstränge der Primordialblattspuren.
- Fig. 7.* Der Verlauf der primordialen Vasalstränge in der Keimpflanze von *Acer*.
m, m. — Medianstrangpaare der Cotyledonarspuren.
l, l. — Lateralstränge der Cotyledonarspuren.
Co, Co — Abgangsstelle der Cotyledonen.
Pr. B., Pr. B. — Primordialblattspuren.
- Fig. 8.* Verlauf der primordialen Vasalstränge in der Keimpflanze von *Sambucus*.
m, m — wie in den vorhergehenden Figuren.
l, l — ebenso.
PB, PB. — Primordialblattspuren, die in die Wurzel niedersteigen.
LB, LB. — Gefässstränge der Laubblätter.
- Fig. 9.* Das primordiale Gefässbündelsystem bei der Keimpflanze von *Fagus sylvatica*.
Co sp., Co sp. — Cotyledonarspuren.
Pr. B., Pr. B. — Primordialblattspuren.
LB, LB. — Laubblattspuren.
a, a, a. — Gefässstränge der Axillarknospen.
-







Sophie Goldsmith del.

Vicia sativa

G. Xnüsli Zurich.

Fig. 9. f.

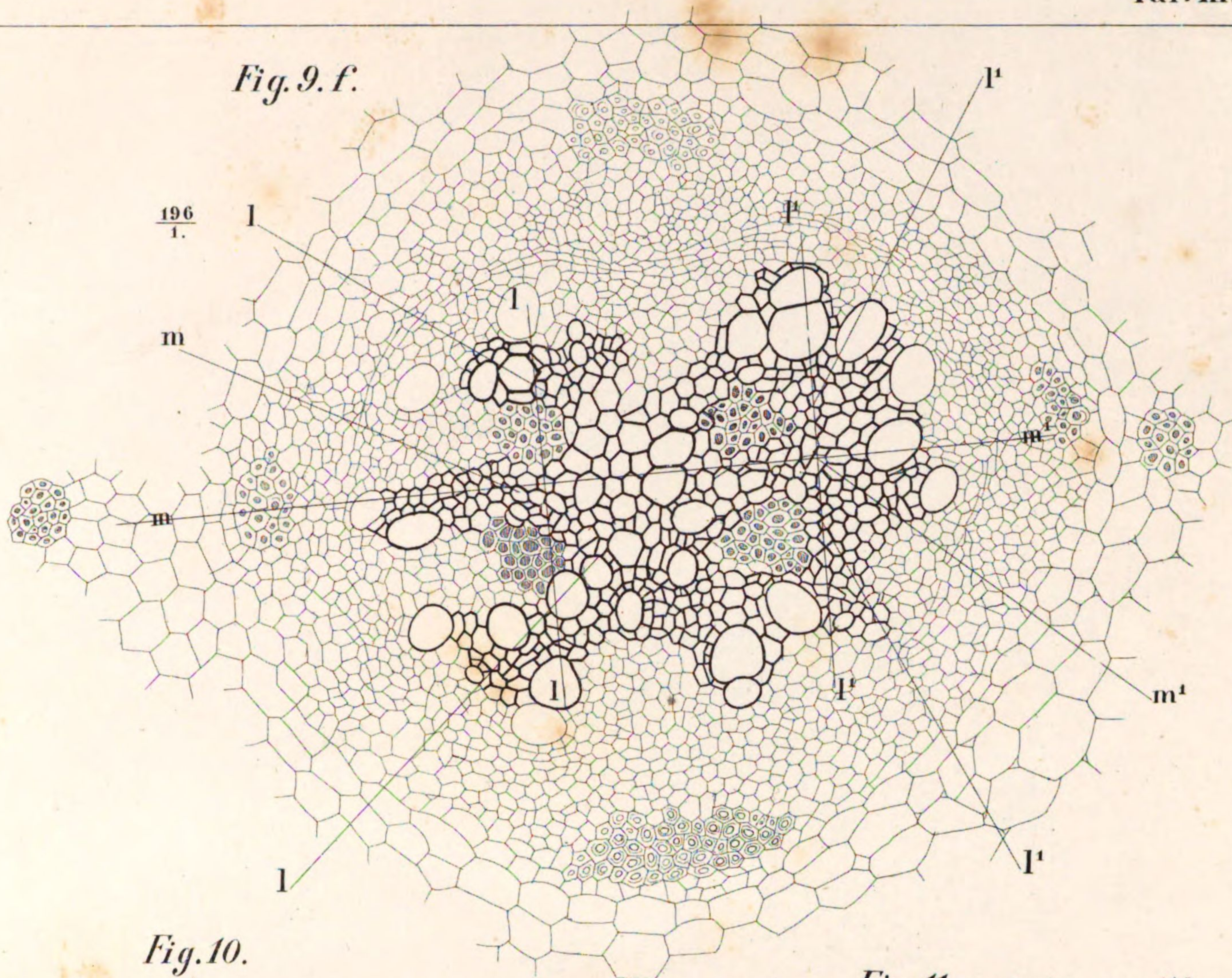


Fig. 10.
g.

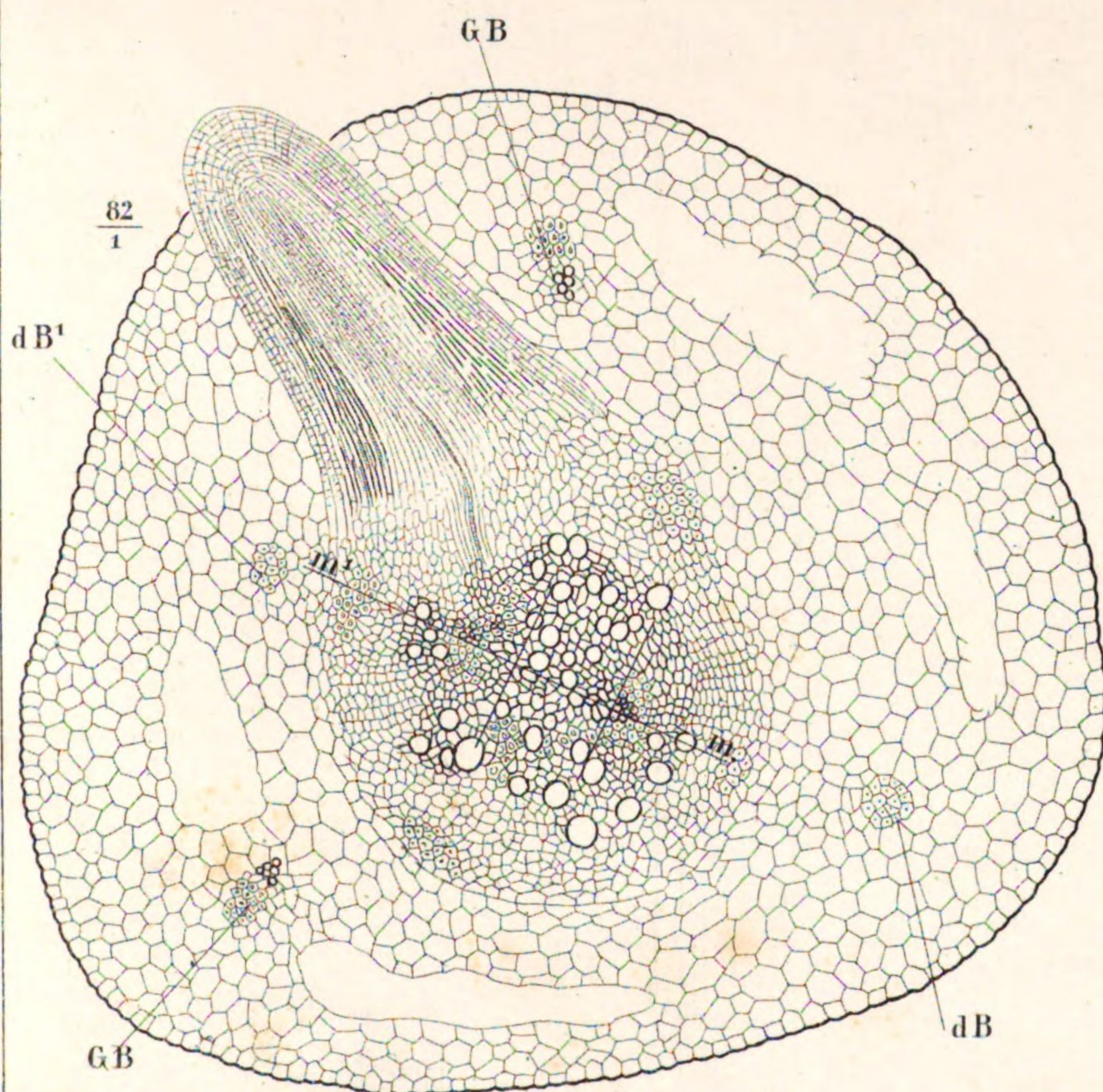
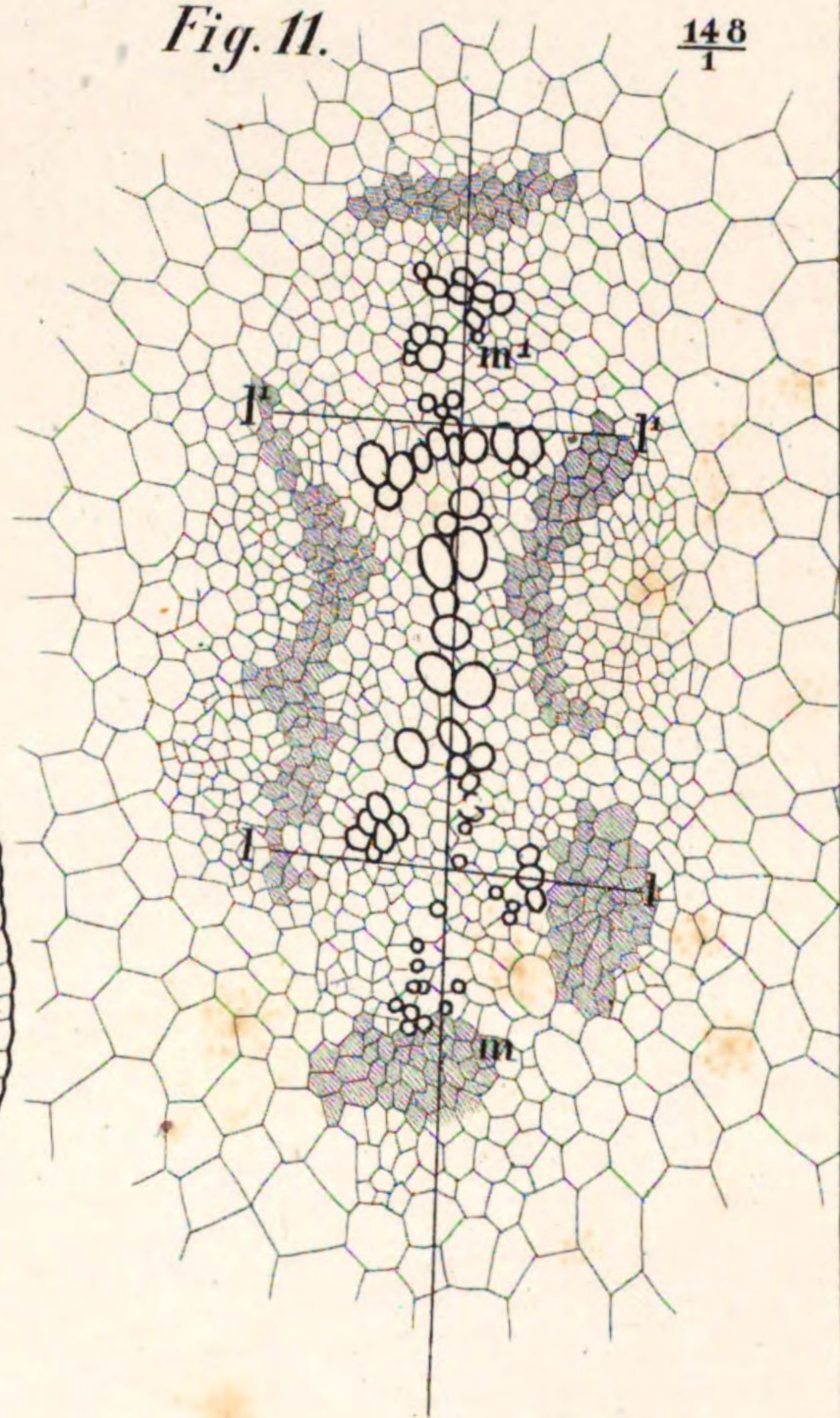


Fig. 11.



Sophie Goldsmith del.

G. Knusli Zurich.

Vicia sativa.

n

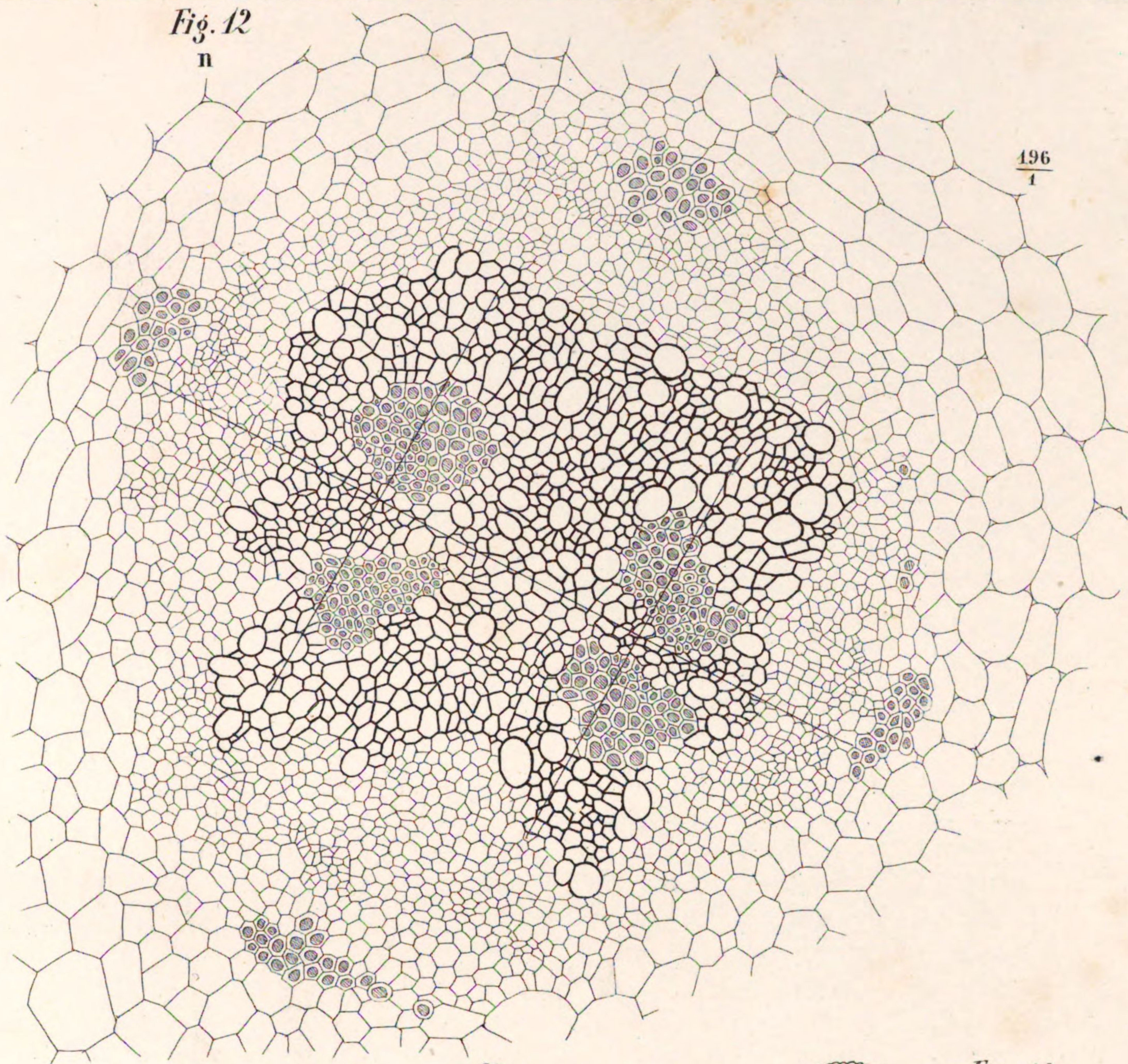


Fig. 13.

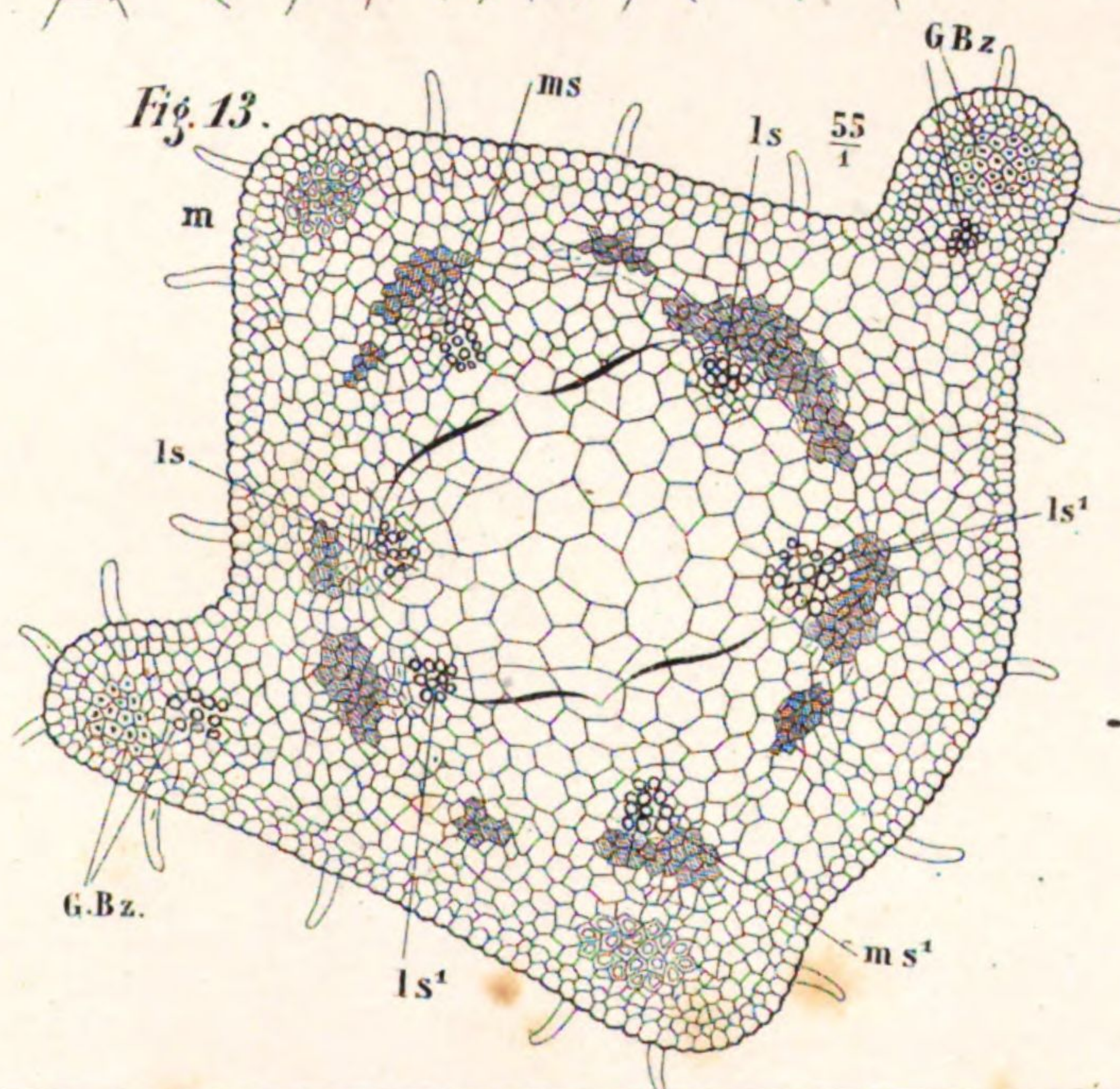
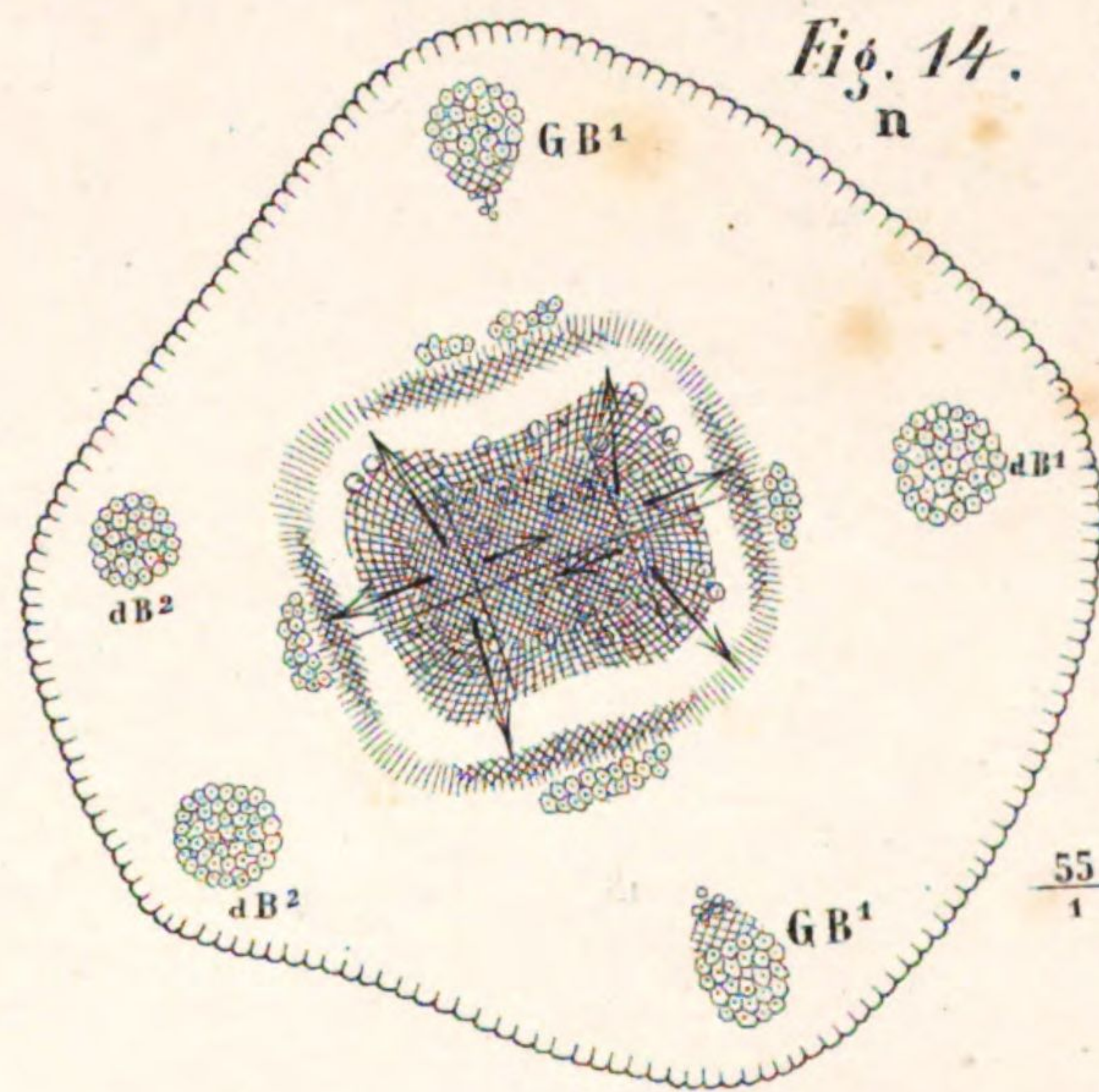


Fig. 14.
n



G. Knüsli Zürich

Vicia sativa.

Fig. 15.
p.

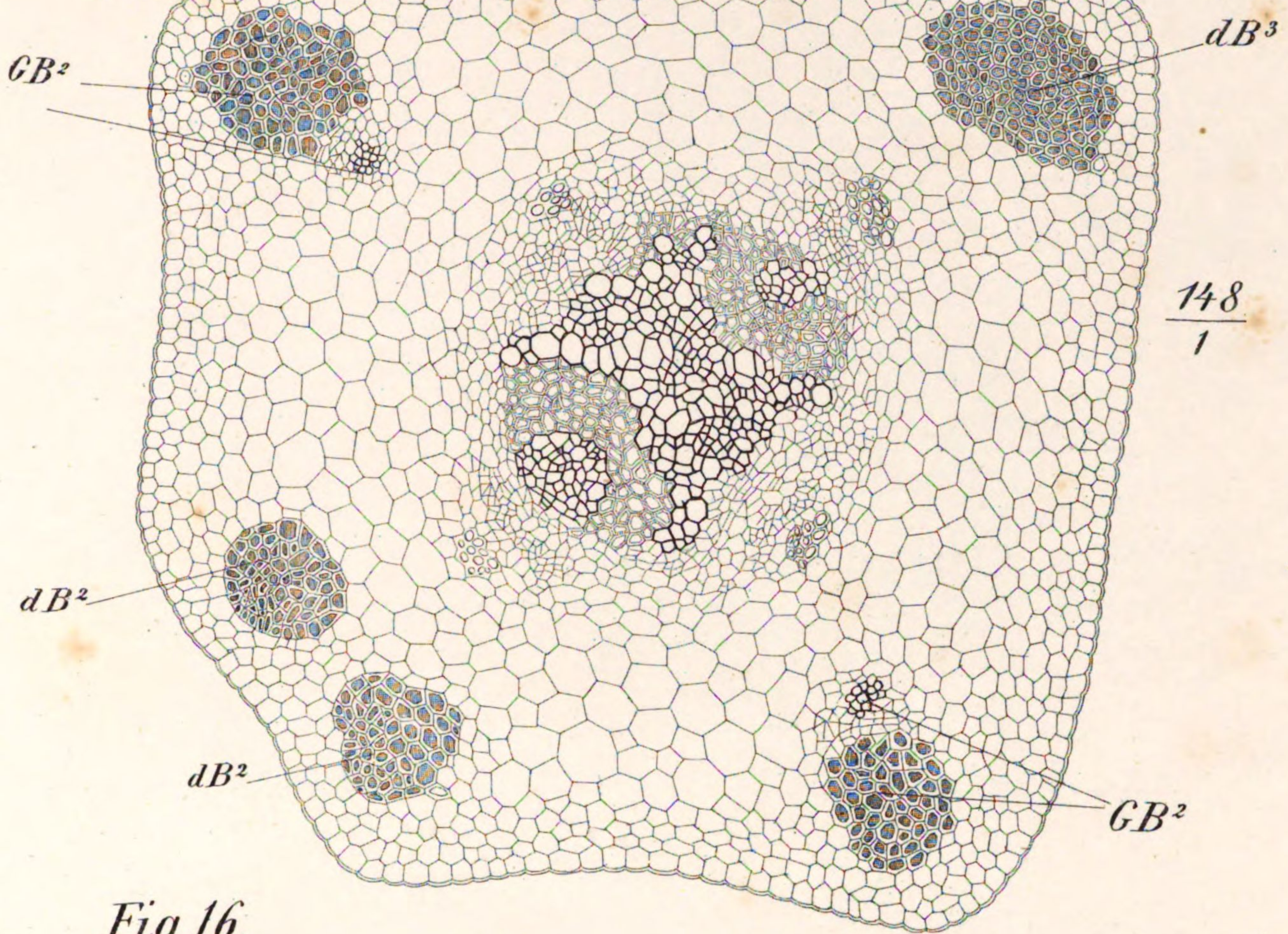
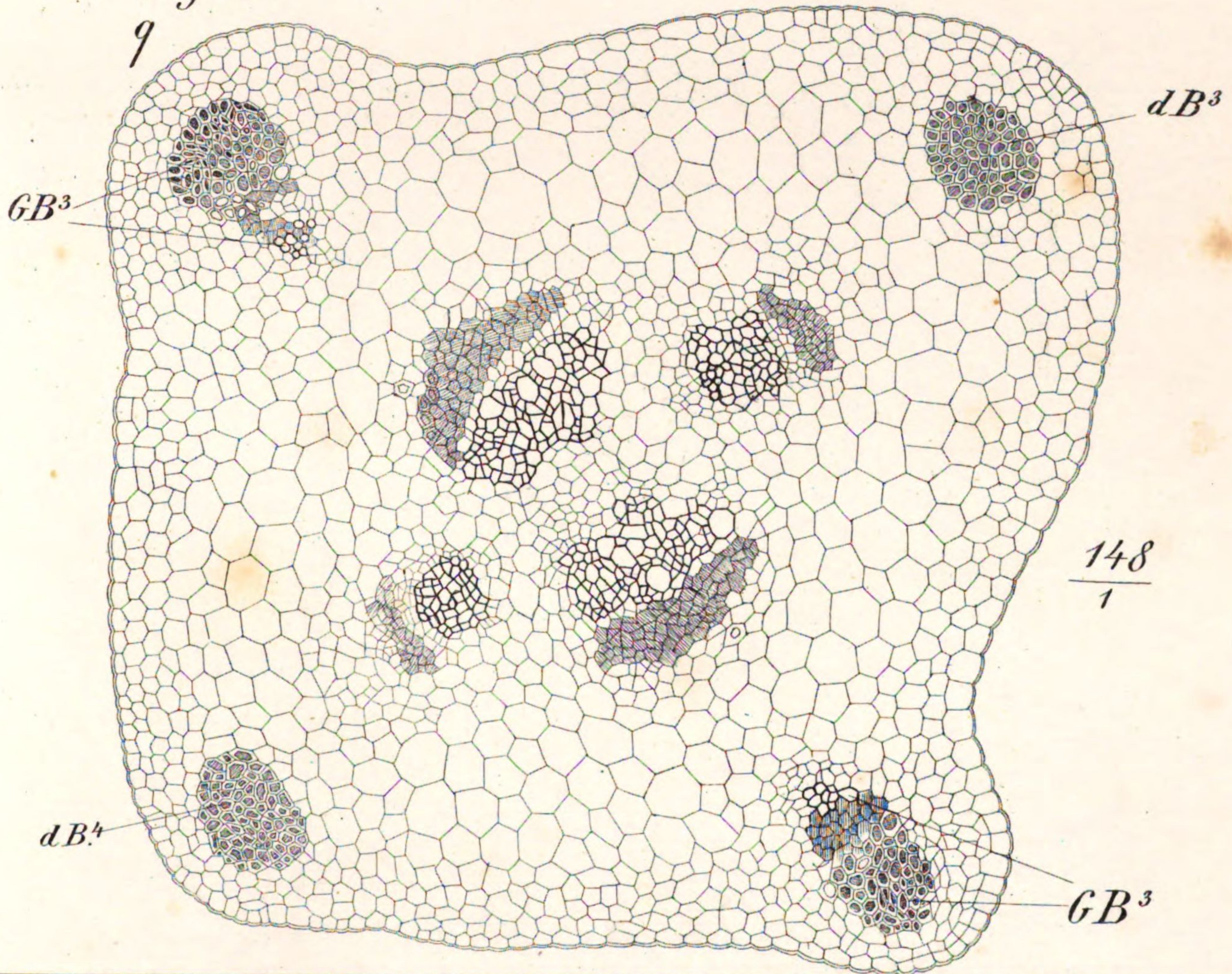


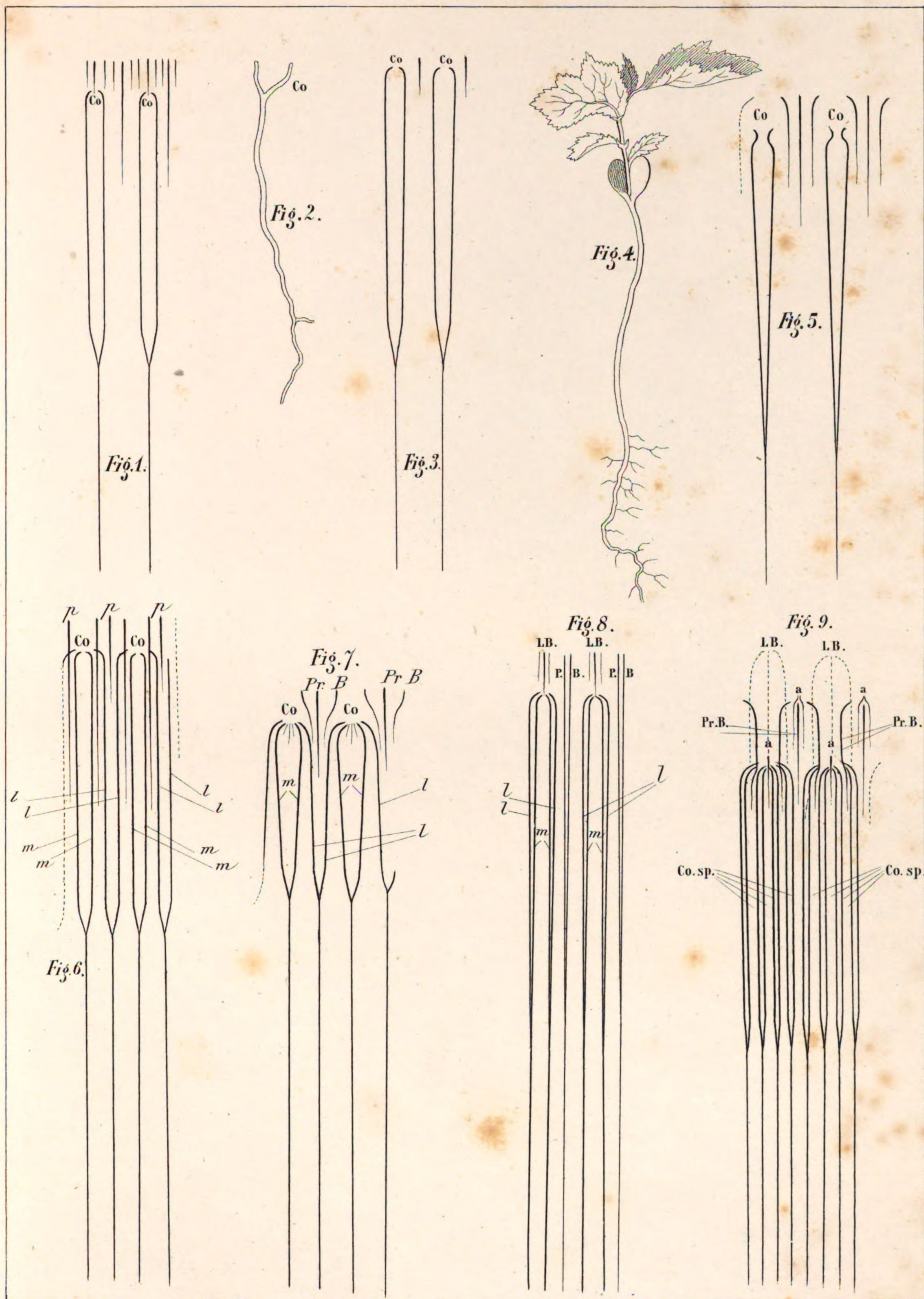
Fig. 16.
q



Sophie Goldsmith del.

G. Knüsli Zurich.

Vicia sativa.



Sophie Goldsmith del.

G. Knüsli Zurich.

Fig. 1. Asperula; Fig. 2, 3. Capsicum; 4, 5. Crataegus; 6. Ulmus; 7. Acer; 8. Sambucus; 9. Fagus silvatica.


~~~~~  
Druck von Caesar Schmidt in Zürich  
~~~~~




Goldsmith, Sophie

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen im Stengel und
in der Hauptwurzel der Dicotyledonen (Doctordissertation der Univ. Zürich.)
Mit 6 lithogr. Tafeln

Zürich 1876

4 Phyt. 116 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11329464-5